

В.С.Стёпин

Теоретическое знание

Москва 1999

Оглавление

CONTENTS

Interdisciplinary Revolutions 6

[Предисловие](#) 7

[Глава I](#) Научное познание в социокультурном измерении 13

Наука в культуре техногенной цивилизации 13

Традиционные и техногенные цивилизации 13

Глобальные кризисы и проблема ценности научно-технического прогресса
21

Специфика научного познания 25

Главные отличительные признаки науки 25

Научное и обыденное познание 30

Генезис научного познания 36

Преднаука и развитая наука 36

Духовная революция Античности 40

Зарождение опытных наук 47

[Глава II](#) Структура теоретических знаний 64

Абстрактные объекты теории и их системная организация 64

Теоретическая схема и математический аппарат 73

Роль теоретических схем в дедуктивном развертывании теории 81

Теоретические схемы и опыт. Операциональный статус теоретических схем
91

[Глава III](#) Основания науки 115

Научная картина мира 117

Мировоззрение, философия, научная картина мира 117

Историческая эволюция понятия “научная картина мира” 123

Картина мира в системе научного знания 135

Идеалы, нормы и философские основания науки 144

Идеалы и нормы исследования 144

Философские основания науки 160

[Глава IV](#) Генезис теоретических знаний в классической науке 188

Научная картина мира и опыт 189

Генезис первичных теоретических моделей классической науки 201

Формирование теоретической схемы как гипотезы	201
Обоснование гипотезы и превращение ее в теоретическую модель объекта	218
Построение развитой теории в классической науке	228
Глава V Формирование и развитие теории в неклассической науке	248
Математическая гипотеза и ее эмпирическое обоснование	248
Особенности современных форм физической картины мира и их роль в выдвижении математических гипотез	250
Проблема эмпирической проверки математической гипотезы	260
Формирование развитой теории в современной науке	267
Основные этапы развития математического аппарата квантовой электродинамики.	269
Квантовомеханическая картина мира и ее роль в формировании математического аппарата квантовой электродинамики.	272
Парадоксы создаваемой теории и проблема интерпретации	275
Идеализированные процедуры измерения поля и интерпретация аппарата квантовой электродинамики (исходная идея процедур Бора—Розенфельда)	280
Перестройка теоретической модели квантованного электромагнитного поля и обоснование ее непротиворечивости	289
Доказательство измеримости квантованного поля излучения	294
Промежуточные интерпретации аппарата современной физической теории как условие ее развития	309
Взаимосвязь генезиса и функционирования теории. Принцип конструктивности.	318
Глава VI Научные революции	331
Внутридисциплинарные революции	332
Парадоксы и проблемные ситуации как предпосылки научной революции	332
Эвристическая роль методологических идей	337
Философские предпосылки перестройки оснований науки	343
От методологических идей к теории и новой картине мира	350
Научные революции и междисциплинарные взаимодействия	357
Глобальные научные революции как изменение типа рациональности	376
Научная революция как выбор новых стратегий исследования. Потенциальные истории науки	376
Глобальные научные революции: от классической к постнеклассической науке	381
Глава VII Стратегии теоретического исследования в эпоху постнеклассической науки	392
Универсальный эволюционизм основа современной научной картины мира	392
Научная картина мира и новые мировоззренческие ориентиры цивилизационного развития	408
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	441
CONCLUSION	447
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	453
Библиография	460

CONTENTS

Foreword

Chapter 1. Scientific Knowledge from a Socio-Cultural Perspective
Science in the Culture of the Technogenic Civilization
Traditional and Technogenic Civilizations
Global Crises and the Problem of the Value of the Scientific and Technological Progress
The Specific Nature of Scientific Knowledge
The Main Distinctive Features of Science
Scientific and Everyday Knowledge
The Genesis of Scientific Knowledge
Prescience and Developed Science
Antiquity's Intellectual Revolution
The Birth of Experimental Sciences
Chapter 2. The Structure of Theoretical Knowledge
Abstract Objects of Theory and Their Systemic Organization
Theoretical Scheme and the Mathematical Apparatus
The Role of Theoretical Schemes in the Deductive Deployment of Theory
Theoretical Schemes and Experience. The Operational Status of Theoretical Schemes
Chapter 3. Foundations of Science
Scientific Picture of the World
Worldview, Philosophy, Scientific Picture of the World
Historical Evolution of the Concept of the "Scientific Picture of the World"
Picture of the World in the System of Scientific Knowledge
The Ideals, Norms and Philosophical Foundations of Science
Ideals and Norms of Investigation
Philosophical Foundations of Science
Chapter 4. The Genesis of Theoretical Knowledge in Classical Science
Scientific Picture of the World and Experience
The Genesis of the Initial Theoretical Models of Classical Science
The Shaping of the Theoretical Scheme as Hypothesis
The Validation of a Hypothesis and Its Transformation into an Object's Theoretical Model
The Construction of a Developed Theory in Classical Science
Chapter 5. The Emergence and Evolution of Theory in Non-Classical Science
Mathematical Hypothesis and Its Empirical Justification
Specific Features of the Contemporary Forms of the Physical Picture of the World and Their Role in Putting Forward Mathematical Hypotheses
The Problem of an Empirical Verification of Mathematical Hypotheses
The Emergence of a Developed Theory in Contemporary Science
The Main Stages in the Evolution of the Mathematical Apparatus of Quantum Electrodynamics
The Quantum-Mechanical Picture of the World and Its Role in Shaping the Mathematical Apparatus of Quantum Electrodynamics
Paradoxes of a Theory in the Making and the Problem of Interpretation
Idealized Field Measuring Procedures and the Interpretation of the Quantum Electrodynamics Apparatus (The Initial Idea of the Bohr – Rosenfeld Procedures)
The Reconstruction of the Theoretical Model of the Quantum Electromagnetic Field and the Validation of Its Consistency
The Proof of Measurability of the Quantum Field of Radiation
Intermediate Interpretations of the Apparatus of Contemporary Physical Theory as a Condition for Its Development
The Relation Between the Genesis and Functioning of a Theory. The Principle of Constructiveness

Chapter 6. Scientific Revolutions	
Interdisciplinary Revolutions	
Paradoxes and Problem Situations as Preconditions for a Scientific Revolution	
The Heuristic Role of Methodological Ideas	
The Philosophical Prerequisites for Reconstructing the Foundations of Science	
From Methodological Ideas Towards a Theory and New Picture of the World	
Scientific Revolutions and Interdisciplinary Relations	
Global Scientific Revolutions as an Alteration of the Type of Rationality	
Scientific Revolution as a Choice of New Strategies of Investigation. Potential	
Histories of Science	
Global Scientific Revolutions: From Classical to Post-Non-Classical Science	
Chapter 7. Strategies of Theoretical Investigation in the Time of Post-Non-Classical	
Science	
Universal Evolutionism as the Basis of the Contemporary Scientific Picture of the	
World	
Scientific Picture of the World and New Worldview Guidelines of Civilizational	
Development	
Conclusion	
Index	
Bibliography	

Предисловие

Монография, предоставляемая вниманию читателя, подводит итоги моих более чем двадцатилетних исследований структуры и динамики теоретических знаний науки. Я начал эту работу еще в конце 60-х — начале 70-х годов. В тот период в нашей философии науки осуществлялся переход от доминирования онтологической проблематики философии естествознания (обсуждение проблем развития, причинности, пространства и времени под углом зрения достижений естествознания XX века) к интенсивному логико-методологическому анализу строения и динамики научного знания. Эти проблемы становились центральными и в западной философии науки. Критическое переосмысление ее результатов постепенно привело меня к образу научного знания как сложной исторически развивающейся системы, которая представляет собой особый тип системной организации, отличной и от простой, механической и даже от саморегулирующейся системы с обратными связями. Исторически развивающиеся системы включают как аспект саморегуляции, но они характеризуются переходами от одного типа саморегуляции к другому. В них формируется уровневая иерархия элементов, причем историческое развитие сопровождается появлением новых уровней организации, которые воздействуют на ранее сложившиеся уровни, трансформируют их, видоизменяя предшествующую организацию. При этом система каждый раз обретает новую целостность, несмотря на увеличение разнообразия ее относительно автономных подсистем.

Такой подход ставил проблему исторической изменчивости всех компонентов научного знания, начиная от уровня эмпирических фактов и теорий и кончая методами науки, ее целями и ценностными установками, выражающими тип научной рациональности. Правда, в те годы я еще не подошел к идее анализа типов научной рациональности. Эта тематика пришла позднее, но потенциально она намечалась принятой парадигмой исторического рассмотрения науки.

Анализ исторической динамики знания я соединил с принципами деятельностного подхода, в разработке которого в 60-е—70-е годы выдающуюся роль сыграли Г.П.Щедровицкий и Э.Г.Юдин. Их исследования оказали влияние и на мое понимание науки и ее развития.

К концу 60-х — началу 70-х годов у меня сложились основные идеи, касающиеся проблематики структуры и генезиса научной теории. Анализ с этих позиций истории электродинамики домаксвелловского периода, а также истории классической механики и некоторых фрагментов квантовой теории позволил выработать концептуальную схему, позднее ставшую ядром исследовательской программы минской методологической школы. Эта школа успешно функционировала в 70-е—80-е годы, наряду с другими направлениями и школами в отечественной философии науки — несколькими московскими школами (исследования

Института философии АН СССР, Института истории естествознания и техники АН СССР, а также философов и логиков МГУ, работы методологического кружка Г.П.Щедровицкого и др.), ленинградской (В.П.Бранский, А.С.Кармин, М.С.Козлова и др.), киевской (М.В.Попович, С.Б.Крымский, П.С.Дышлевый и др.), новосибирской (И.С.Алексеев, М.А.Розов), воронежской (Б.Я.Пахомов, А.С.Кравец), ростовской (М.К.Петров и др.).

К тому времени выработанная мной концептуальная схема получила реализацию в исследованиях истории физики, проведенных совместно с Л.М.Томильчиком (в то время старший научный сотрудник лаборатории теоретической физики Белорусской АН, а ныне ее заведующий член-корреспондент Национальной Академии наук РБ). Мы осуществили реконструкцию истории максвелловской электродинамики и истории первого варианта релятивистской теории электрона (работы конца 20-х годов П.Дирака). Одновременно был предпринят анализ концептуальной структуры квантовой механики с точки зрения деятельностного подхода.

Результаты этих исследований были опубликованы в начале 70-х в ряде моих статей и в нашей совместной книге[1].

Последующая моя работа в 70-е годы была связана с углублением первоначальных представлений о системной динамике теоретических знаний. Обнаружение того обстоятельства, что фундаментальные теории не являются продуктом индуктивного обобщения опыта, а создаются вначале за счет трансляции концептуальных средств, заимствованных из других областей теоретического знания, и только затем обосновываются опытом, поставило проблему выбора средств и методов теоретического синтеза. В начальной фазе наших исследований мы этой проблемой не занимались. Интерес был связан с выяснением иерархии теоретических моделей и их операциональной природы. Но затем проблема возникла в новом обличье: как вопрос о предпосылках, которые определяют выдвижение научных гипотез, и как вопрос об онтологическом статусе теоретических моделей.

В поисках ответа на эти вопросы я пришел к идее оснований науки. Вначале были выделены и описаны такие их компоненты, как научная картина мира и философские основания, а затем проанализированы идеалы и нормы науки. Таким образом первоначальная концепция развивалась. Возникли новые представления о структуре знания и операциях его порождения. И под этим углом зрения пришлось заново переосмысливать результаты, полученные в начале 70-х на первом этапе работы. В частности, были уточнены и переписаны первоначальные, полученные в исследованиях совместно с Л.М.Томильчиком, варианты реконструкции истории максвелловской электродинамики, поскольку в них не были учтены операции, связанные с взаимодействием теоретических моделей и научной картины мира[2]. Впрочем, это не удивительно, поскольку теоретическое знание является весьма сложным объектом и вряд ли возможно сразу и до конца выявить все основные особенности его исторического развития. Поэтому расширение области анализа порождает новое видение старых, казалось бы, уже решенных проблем.

Поле методологических исследований значительно изменилось, когда в отечественной литературе по философии науки произошел сдвиг проблем от анализа внутренней динамики науки к акцентированию ее социокультурной обусловленности. Это произошло в конце 70-х — начале 80-х годов.

Сегодня я объяснил бы произошедшие сдвиги проблем (а они были характерны и для западной философии науки) запросами, которые предъявила к философии и методологии зарождающаяся постнеклассическая рациональность. Но о типах рациональности я стал размышлять сравнительно недавно, уже в 90-х годах. Тогда же для меня было важно не просто выделить и описать отдельные сюжеты и факты социокультурной размерности научного познания, но и попытаться обнаружить механизмы, благодаря которым социокультурные воздействия интегрируются в процессы внутреннего для каждой науки роста теоретического и эмпирического знания. Собственно, это была старая задача — преодолеть односторонности экстернализма и интернализма в описании и объяснении истории науки.

Я отстаивал точку зрения (ее я отстаиваю и сейчас), что именно основания науки выступают, с одной стороны, компонентом внутренней структуры науки, а с другой — ее инфраструктурой, которая опосредует влияние на научное познание социокультурных факторов и включение научных знаний в культуру соответствующей исторической эпохи.

Все эти рассуждения содержатся в написанном тексте новой книги. Разумеется, я опирался на уже полученные ранее результаты, но книга — это не просто их компендиум, а новый синтез, их переосмысление и дополнение новыми идеями. Такие идеи можно найти и в разделах, посвященных основаниям науки, и в других главах. В частности, при анализе научных революций я уделял внимание не

только традиционному исследованию того, как происходят революции в рамках научной дисциплины, когда в орбиту исследования незаметно втягиваются новые типы системных объектов. В этом случае, если картина мира (дисциплинарная онтология) и “схема метода”, представленная идеалами и нормами исследования, не соответствует новым объектам, то в системе знания накапливаются необъяснимые факты и парадоксы. Т.Кун называл их аномалиями и кризисами. На материале становления теории относительности (анализ истории которой до сих пор сопровождается многочисленными дискуссиями) я попытался выяснить механизмы возникновения и преодоления таких парадоксов и аномальных ситуаций.

Но существует и другой вариант научных революций, когда они осуществляются при отсутствии внутреннего кризиса, за счет междисциплинарных взаимодействий и “парадигмальных прививок” из одной науки в другую. Так развертывалась великая революция, приведшая к возникновению дисциплинарно организованной науки. Так протекали многие трансформации оснований наук, связанные с воздействием на них достижений смежных дисциплин (в книге приведены примеры подобных революционных изменений — в химии, под влиянием квантовой физики, в современной биологии под влиянием идей кибернетики).

Выяснение роли внутридисциплинарных связей теорий и междисциплинарных взаимодействий видоизменило сам подход к методологическому анализу теоретических знаний. В традиционном подходе исходной единицей анализа была отдельно взятая теория в ее отношении к опыту[3]. Сегодня в качестве исходной единицы необходимо рассматривать научную дисциплину как систему сложно организованных и развивающихся теоретических знаний в их связях с опытом, с основаниями данной дисциплины, а через них с другими науками и социокультурным контекстом.

В моих исследованиях этот подход применялся уже в начале 70-х годов, хотя, может быть, и без достаточной метаметодологической рефлексии. Дело в том, что обнаружение в отдельной отрасли науки (а я анализировал прежде всего тексты физики) гетерогенного массива теоретических знаний (теорий различной степени общности) и выяснение того факта, что теории связаны между собой и развиваются как целостная система, уже выводило за рамки представлений об отдельной теории в качестве исходной единицы методологического анализа. Это было первое обстоятельство, которое формировало новое видение, преодолевающее ограниченность стандартной концепции. Вторым обстоятельством стало размышление над дискуссиями о теоретической нагруженности факта. Анализ внутренней структуры эмпирического уровня знаний и процедур формирования факта обнаружил, что факты не являются некоторыми отдельными и независимыми атомарными единицами, а включены в систему знаний научной дисциплины, формируются под влиянием ранее выработанных теорий и затем служат базисом для новых теорий. Наконец, третье и решающее обстоятельство было сопряжено с анализом структуры оснований науки (научной картины мира, идеалов и норм исследования, философских оснований науки). Их системообразующие функции по отношению к теориям и эмпирическим знаниям определили представление о системной целостности научной дисциплины. По существу, уже к середине 70-х годов я сформировал для себя это представление и использовал его при исследовании генезиса отдельных теорий.

Несколько позднее я обнаружил, что нечто похожее, хотя, на мой взгляд, с меньшей долей аналитичности и детализации структуры научной дисциплины, в тот же период было осуществлено в ряде работ западных философов и методологов науки. Например, в исследованиях американского философа Д.Шейпира была предложена концепция научной области, которая рассматривалась как упорядоченный массив теоретических и эмпирических знаний, организованных в своеобразные блоки научной информации. Эти блоки, вначале несвязные, затем сливаются в более широкий массив (научную область). Каждая теория, входящая в эту область, выступает ее элементом, ставит проблемы, которые стимулируют появление новых теорий, меняющих конфигурацию научной области и ее место среди других областей[4].

Аналогичную концепцию развивал в эти годы и канадский философ К.Хукер. Он подчеркивал, что научные теории оказывают целостное воздействие на условия наблюдения, выбор инструментальных средств и интерпретацию явлений. С другой стороны, Хукер фиксирует, что связи теорий задают некоторый “теоретический взгляд на мир”, видение мира[5]. “Теоретический взгляд на мир” (theoretical-world-view), заключает он, — это понятие, аналогичное понятию научной области, предложенному Д.Шейпиром. Структура “теоретического взгляда на мир” как целостного блока знаний представлена иерархией трех уровней. На верхнем уровне имеется “когерентное множество концептуальных категорий”, которое определяет область метафизики, онтологии, применяемой в исследовании. К ней примыкают такие сферы знания, как теория методов, психология восприятия и т.п. Затем расположен уровень собственно теорий и, наконец, уровень экспериментов и наблюдений. Таким образом “теоретический взгляд на мир”, как и научная область, согласно Хукеру, предстает в качестве целостного, концептуально организованного многообразия, ориентированного определенной познавательной перспективой[6].

Представленная Хукером единица методологического анализа в принципе совпадала с научной дисциплиной, хотя структура дисциплины здесь была дана лишь в самом первом приближении (особенно это можно сказать о блоке оснований науки, которому в концепции Хукера, судя по всему, соответствовал верхний уровень “теоретического взгляда на мир”).

Моя концепция системной организации знаний научной дисциплины и их структуры была изложена в книге “Становление научной теории” (1976), где основное внимание уделялось исследованию операций методов и стратегий, определяющих дисциплинарную динамику теоретических знаний как целостной, сложно организованной и развивающейся системы. В дальнейших исследованиях я стал рассматривать систему дисциплинарного знания как исторический феномен, обусловленный в своей эволюции характером социокультурной среды, в которую погружена наука. Причем речь шла не только об исторической изменчивости знаний, образующих дисциплину, и об усложнении их системной организации по мере развития, но и об историчности самой дисциплинарной организации знания.

На этом этапе центральное место заняли проблемы механизмов влияния на науку различных социокультурных факторов и их интегрированности в ткань исследовательской деятельности ученого. Полученные результаты в уточненном и систематизированном виде также изложены в предлагаемой читателю книге.

Сегодня уже не нужно доказывать, что наука в своем познавательном движении постоянно резонирует с развитием других областей культуры (искусства, философии, религии, обыденного сознания и т.д.). Ближе всего к ней всегда была философия. Строго говоря, понятие *теоретическое*, которое ассоциируется с наукой в собственном смысле слова, во многом принадлежит и философии. Между этими двумя различными типами *теоретического* существует не только генетическая связь. Философское знание и в развитой науке активно участвует в становлении новых научных теорий и научных картин мира, опосредуя их включение в поток культурной трансляции. В свою очередь, после конституирования науки как автономной формы познания, философия испытала на себе ее огромное влияние. Образцы научного рассуждения в новоевропейской традиции длительное время служили идеалом для многих философских школ.

Но не только с философией взаимодействует наука в своем историческом развитии. Все сферы культуры резонируют с изменениями, происходящими в науке, и эти “кооперативные эффекты” развития культуры прослеживаются особенно ярко на переломных этапах, когда меняется тип научной рациональности. В книге читатель найдет изложение моей точки зрения на проблему исторических типов научной рациональности и их социокультурной размерности. Но я хотел бы особо подчеркнуть, что на современном этапе, когда обострение глобальных кризисов ставит проблему ценностей и выбора стратегий цивилизационного развития, новые измерения научной рациональности открывают неожиданные возможности для современного диалога культур. В завершающем разделе книги показано, что если классическая и даже неклассическая наука были глубинно ориентированы на ценности новоевропейской культурной традиции (синтезировавшей достижения Античности и европейского христианского Средневековья), то постнеклассическая наука значительно расширяет поле своих мировоззренческих аппликаций. Она начинает резонировать не только с ценностями западной культурной традиции, но и с многими мировоззренческими идеями традиционных восточных культур.

Примечания

[1] См.: *Степин В.С., Томильчик Л.М.* Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970; *Степин В.С.* Проблема субъекта и объекта в опытной науке // Вопросы философии. 1970. № 1; *Степин В.С.* Генезис теоретических моделей науки // Философские науки. 1971. № 3.

[2] В переработанном виде эта реконструкция была опубликована в моей книге “Становление научной теории” (Минск, 1976) и с небольшой редакцией воспроизводится в данной книге.

[3] Такой подход долгое время доминировал в западной философии науки и был одной из существенных черт так называемой стандартной концепции.

Подробнее об этой концепции см.: *Садовский В.Н.* Философия науки в поисках новых путей // Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.

[4] *Shapere S.* Scientific Theories and their Domains // Structure of Scientific Theories. N.Y., 1974.

[5] *Hooker C.A.* On global theories // Philos.sci. 1975. Vol. 42. № 2. P. 155.

[6] *Hooker C.A.* On global theories. P. 153—155.

Глава I

Научное познание в социокультурном измерении

Наука в культуре техногенной цивилизации

Теоретическое знание и его развитие является неотъемлемой характеристикой современной науки, которая постоянно расширяет горизонты познавательного и практического освоения мира человеком. Как и сама наука, теоретическое знание является культурно-историческим феноменом. Оно возникло в контексте исторического развития цивилизации и культуры, на определенных стадиях этого развития, породивших теоретическую науку и ценность научной рациональности.

Современная цивилизация неразрывно связана с достижениями науки, основанными на систематическом развертывании теоретических исследований. Именно благодаря этим достижениям и их внедрению в производство стал возможен впечатляющий технологический прогресс XX века, приведший в развитых странах Запада и Востока к новому качеству жизни. Наука революционизирует не только сферу производства, но и оказывает влияние на многие другие сферы человеческой деятельности, начиная регулировать их, перестраивая их средства и методы.

Неудивительно, что проблемы будущего современной цивилизации не могут обсуждаться вне анализа современных тенденций развития науки и ее перспектив. Хотя в современном обществе существуют и антисциентистские движения, в целом наука воспринимается как одна из высших ценностей цивилизации и культуры.

Однако так было не всегда, и не во всех культурах наука занимала столь высокое место в шкале ценностных приоритетов. В этой связи возникает вопрос об особенностях того типа цивилизационного развития, который стимулировал широкое применение в человеческой деятельности научных знаний.

Традиционные и техногенные цивилизации

В развитии человечества, после того как оно преодолело стадию варварства и дикости, существовало множество цивилизаций — конкретных видов общества, каждое из которых имело свою самобытную историю. Известный философ и историк А.Тойнби выделил и описал 21 цивилизацию. Все они могут быть разделены на два больших класса, соответственно типам цивилизационного прогресса — на традиционные и техногенную цивилизации.

Техногенная цивилизация является довольно поздним продуктом человеческой истории. Долгое время эта история протекала как взаимодействие традиционных обществ. Лишь в XV—XVII столетиях в европейском регионе сформировался особый тип развития, связанный с появлением техногенных обществ, их последующей экспансией на остальной мир и изменением под их влиянием традиционных обществ. Некоторые из этих традиционных обществ были просто-напросто поглощены техногенной цивилизацией; пройдя через этапы модернизации, они превращались затем в типичные техногенные общества. Другие, испытав на себе прививки западной технологии и культуры, тем не менее сохраняли многие традиционные черты, превратившись в своего рода гибридные образования.

Различия традиционной и техногенной цивилизации носят радикальный характер.

Традиционные общества характеризуются замедленными темпами социальных изменений. Конечно, в них также возникают инновации как в сфере производства, так и в сфере регуляции социальных отношений, но прогресс идет очень медленно по сравнению со сроками жизни индивидов и даже поколений. В традиционных обществах может смениться несколько поколений людей, заставляя одни и те же структуры общественной жизни, воспроизводя их и передавая следующему поколению. Виды деятельности, их средства и цели могут столетиями существовать в качестве устойчивых стереотипов. Соответственно в культуре этих обществ приоритет отдается традициям, образцам и нормам, аккумулирующим опыт предков, канонизированным стилям мышления. Инновационная деятельность отнюдь не воспринимается здесь как высшая ценность, напротив, она имеет ограничения и допустима лишь в рамках веками апробированных традиций. Древняя Индия и Китай, Древний Египет, государства мусульманского Востока эпохи Средневековья и т.д. — все это традиционные общества. Этот тип социальной организации сохранился и до наших дней: многие государства третьего мира сохраняют черты традиционного общества, хотя их столкновение с современной западной (техногенной) цивилизацией рано или поздно приводит к радикальным трансформациям традиционной культуры и образа жизни.

Что же касается техногенной цивилизации, которую часто обозначают расплывчатым понятием “западная цивилизация”, имея в виду регион ее возникновения, то это особый тип социального развития и особый тип цивилизации, определяющие признаки которой в известной степени противоположны характеристикам традиционных обществ. Когда техногенная цивилизация сформировалась в относительно зрелом виде, то темп социальных изменений стал возрастать с огромной скоростью. Можно сказать, что экстенсивное развитие истории здесь заменяется интенсивным; пространственное существование — временным. Резервы роста черпаются уже не за счет расширения культурных зон, а за счет перестройки самих оснований прежних способов жизнедеятельности и формирования принципиально новых возможностей. Самое главное и действительно эпохальное, всемирно-историческое изменение, связанное с переходом от традиционного общества к техногенной цивилизации, состоит в возникновении новой системы ценностей. Ценностью считается сама инновация, оригинальность, вообще новое (в известном смысле символом техногенного общества может считаться книга рекордов Гиннеса в отличие, скажем, от семи чудес света — книга Гиннеса наглядно свидетельствует, что каждый индивид может стать единственным в своем роде, достичь чего-то необычного, и она же как бы призывает к этому; семь чудес света, напротив, призваны были подчеркнуть завершенность мира и показать, что все грандиозное, действительно необычное уже свершилось).

Техногенная цивилизация началась задолго до компьютеров, и даже задолго до паровой машины. Ее преддверием можно назвать развитие античной культуры, прежде всего культуры полисной, которая подарила человечеству два великих изобретения — демократию и теоретическую науку, первым образцом которой была Евклидова геометрия. Эти два открытия — в сфере регуляции социальных связей и в способе познания мира — стали важными предпосылками для будущего, принципиально нового типа цивилизационного прогресса.

Второй и очень важной вехой стало европейское Средневековье с особым пониманием человека, созданного по образу и подобию Бога; с культом человекобога и культом любви человека к человекобогу, к Христу; с культом человеческого разума, способного понять и постигнуть тайну божественного творения, расшифровать те письмена, которые Бог заложил в мир, когда он его

создавал. Последнее обстоятельство необходимо отметить особо: целью познания как раз и считалась расшифровка промысла Божьего, плана божественного творения, реализованного в мире, — страшно еретическая мысль с точки зрения традиционных религий. Но это все — преддверие.

Впоследствии, в эпоху Ренессанса, происходит восстановление многих достижений античной традиции, но при этом ассимилируется и идея богоподобности человеческого разума. И вот с этого момента закладывается культурная матрица техногенной цивилизации, которая начинает свое собственное развитие в XVII веке. Она проходит три стадии: сначала — преиндустриальную, потом — индустриальную и наконец — постиндустриальную. Важнейшей основой ее жизнедеятельности становится прежде всего развитие техники, технологии, причем не только путем стихийно протекающих инноваций в сфере самого производства, но и за счет генерации все новых научных знаний и их внедрения в технико-технологические процессы. Так возникает тип развития, основанный на ускоряющемся изменении природной среды, предметного мира, в котором живет человек. Изменение этого мира приводит к активным трансформациям социальных связей людей. В техногенной цивилизации научно-технический прогресс постоянно меняет способы общения, формы коммуникации людей, типы личности и образ жизни. В результате возникает отчетливо выраженная направленность прогресса с ориентацией на будущее. Для культуры техногенных обществ характерно представление о необратимом историческом времени, которое течет от прошлого через настоящее в будущее. Отметим для сравнения, что в большинстве традиционных культур доминировали иные понимания: время чаще всего воспринималось как циклическое, когда мир периодически возвращается к исходному состоянию. В традиционных культурах считалось, что “золотой век” уже пройден, он позади, в далеком прошлом. Герои прошлого создали образцы поступков и действий, которым следует подражать. В культуре техногенных обществ иная ориентация. В них идея социального прогресса стимулирует ожидание перемен и движение к будущему, а будущее полагается как рост цивилизационных завоеваний, обеспечивающих все более счастливое мироустройство.

Техногенная цивилизация существует чуть более 300 лет, но она оказалась весьма динамичной, подвижной и очень агрессивной: она подавляет, подчиняет себе, переворачивает, буквально поглощает традиционные общества и их культуры — это мы видим повсеместно, и сегодня этот процесс идет по всему миру. Такое активное взаимодействие техногенной цивилизации и традиционных обществ, как правило, оказывается столкновением, которое приводит к гибели последних, к уничтожению многих культурных традиций, по существу, к гибели этих культур как самобытных целостностей. Традиционные культуры не только оттесняются на периферию, но и радикально трансформируются при вступлении традиционных обществ на путь модернизации и техногенного развития. Чаще всего эти культуры сохраняются только фрагментарно, в качестве исторических рудиментов. Так произошло и происходит с традиционными культурами восточных стран, осуществивших индустриальное развитие; то же можно сказать и о народах Южной Америки, Африки, вставших на путь модернизации, — везде культурная матрица техногенной цивилизации трансформирует традиционные культуры, преобразуя их смысложизненные установки, заменяя их новыми мировоззренческими доминантами.

Эти мировоззренческие доминанты складывались в культуре техногенной цивилизации еще на преиндустриальной стадии ее развития, в эпоху Ренессанса, а затем и европейского Просвещения.

Они выражали кардинальные мировоззренческие смыслы: понимания человека, мира, целей и предназначения человеческой жизнедеятельности.

Человек понимался как активное существо, которое находится в деятельностном отношении к миру. Деятельность человека должна быть направлена вовне, на преобразование и переделку внешнего мира, в первую очередь, природы, которую человек должен подчинить себе. В свою очередь внешний мир рассматривался как арена деятельности человека, как если бы мир и был предназначен для того, чтобы человек получал необходимые для себя блага, удовлетворял свои потребности. Конечно, это не означает, что в новоевропейской культурной традиции не возникают другие, в том числе и альтернативные, мировоззренческие идеи.

Техногенная цивилизация в самом своем бытии определена как общество, постоянно изменяющее свои основания. Поэтому в ее культуре активно поддерживается и ценится постоянная генерация новых образцов, идей, концепций. Лишь некоторые из них могут реализовываться в сегодняшней действительности, а остальные предстают как возможные программы будущей жизнедеятельности, адресованные грядущим поколениям. В культуре техногенных обществ всегда можно обнаружить идеи и ценностные ориентации, альтернативные доминирующим ценностям. Но в реальной жизнедеятельности общества они могут не играть определяющей роли, оставаясь как бы на периферии общественного сознания и не приводя в движение массы людей.

Идея преобразования мира и подчинения человеком природы была доминантой в культуре техногенной цивилизации на всех этапах ее истории, вплоть до нашего времени. Если угодно, эта идея была важнейшей составляющей того “генетического кода”, который определял само существование и эволюцию техногенных обществ. Что же касается традиционных обществ, то здесь деятельностное отношение к миру, которое выступает родовым признаком человека, понималось и оценивалось с принципиально иных позиций.

Нам долгое время казалась очевидной активистская мировоззренческая установка. Однако ее трудно отыскать в традиционных культурах. Свойственный традиционным обществам консерватизм видов деятельности, медленные темпы их эволюции, господство регламентирующих традиций постоянно ограничивали проявление деятельностно-преобразующей активности человека. Поэтому сама эта активность осмысливалась скорее не как направленная вовне, на изменение внешних предметов, а как ориентированная вовнутрь человека, на самосозерцание и самоконтроль, которые обеспечивают следование традиции^[1].

Принципу преобразующего деяния, сформулированному в европейской культуре в эпоху Ренессанса и Просвещения, можно противопоставить в качестве альтернативного образца принцип древнекитайской культуры “у-вэй”, предполагающий невмешательство в протекание природного процесса и адаптацию индивида к сложившейся социальной среде. Этот принцип исключал стремление к ее целенаправленному преобразованию, требовал самоконтроля и самодисциплины индивида, включающегося в ту или иную корпоративную структуру. Принцип “у-вэй” охватывал практически все главные аспекты жизнедеятельности человека. В нем было выражено определенное осмысление специфики и ценностей земледельческого труда, в котором многое зависело от внешних, природных условий и который постоянно требовал принаравливания к этим условиям.

Но принцип “у-вэй” был и особым способом включения индивида в сложившийся традиционный порядок общественных связей, ориентируя человека на такое вписывание в социальную среду, при котором свобода и самореализация личности достигается в основном в сфере самоизменения, но не изменения сложившихся социальных структур.

Ценности техногенной культуры задают принципиально иной вектор человеческой активности. Преобразующая деятельность рассматривается здесь как главное предназначение человека. Деятельностно-активный идеал отношения

человека к природе распространяется затем и на сферу социальных отношений, которые также начинают рассматриваться в качестве особых социальных объектов, которые может целенаправленно преобразовывать человек. С этим связан культ борьбы, революций как локомотивов истории. Стоит отметить, что марксистская концепция классовой борьбы, социальных революций и диктатуры как способа решения социальных проблем возникла в контексте ценностей техногенной культуры.

С пониманием деятельности и предназначения человека тесно связан второй важный аспект ценностных и мировоззренческих ориентаций, который характерен для культуры техногенного мира, — понимание природы как упорядоченного, закономерно устроенного поля, в котором разумное существо, познавшее законы природы, способно осуществить свою власть над внешними процессами и объектами, поставить их под свой контроль. Надо только изобрести технологию, чтобы искусственно изменить природный процесс и поставить его на службу человеку, и тогда укрощенная природа будет удовлетворять человеческие потребности во все расширяющихся масштабах.

Что же касается традиционных культур, то в них мы не встретим подобных представлений о природе. Природа понимается здесь как живой организм, в который органично встроено человек, но не как обезличенное предметное поле, управляемое объективными законами. Само понятие закона природы, отличного от законов, которые регулируют социальную жизнь, было чуждо традиционным культурам.

В свое время известный философ и науковед М.К. Петров предложил своеобразный мысленный эксперимент: как посмотрел бы человек, воспитанный в системе ценностей традиционной цивилизации, на идеалы новоевропейской культуры. Ссылаясь на работу С. Поуэла “Роль теоретической науки в европейской цивилизации”, он приводил свидетельства миссионеров о реакции китайских мудрецов на описания европейской науки. “Мудрецы нашли саму идею науки абсурдной, поскольку, хотя повелителю Поднебесной и дано устанавливать законы и требовать их исполнения под угрозой наказания, исполнять законы и подчиняться им дано лишь тем, кто способен эти законы “понять”, а “дерево, вода и камни”, о которых толкуют мистификаторы-европейцы, очевидно этим свойством “понятливости” не обладают: им нельзя предписывать законы и от них нельзя требовать их исполнения”^[2].

Характерный для техногенной цивилизации пафос покорения природы и преобразования мира порождал особое отношение к идеям господства силы и власти. В традиционных культурах они понимались прежде всего как непосредственная власть одного человека над другим. В патриархальных обществах и азиатских деспотиях власть и господство распространялись не только на подданных государя, но и осуществлялись мужчиной, главой семьи над женой и детьми, которыми он владел так же, как царь или император телами и душами своих подданных.

В техногенном мире также можно обнаружить немало ситуаций, в которых господство осуществляется как сила непосредственного принуждения и власти одного человека над другим. Однако отношения личной зависимости перестают здесь доминировать и подчиняются новым социальным связям. Их сущность определена всеобщим обменом результатами деятельности, приобретающими форму товара.

Власть и господство в этой системе отношений предполагает владение и присвоение товаров (вещей, человеческих способностей, информации как товарных ценностей, имеющих денежный эквивалент).

В результате в культуре техногенной цивилизации происходит своеобразное смещение акцентов в понимании предметов господства силы и власти — от человека к произведенной им вещи. В свою очередь, эти новые смыслы легко соединяются с идеалом деятельностно-преобразующего предназначения человека.

Сама преобразующая деятельность расценивается как процесс, обеспечивающий власть человека над предметом, господство над внешними обстоятельствами, которые человек призван подчинить себе.

Человек должен из раба природных и общественных обстоятельств превратиться в их господина, и сам процесс этого превращения понимался как овладение силами природы и силами социального развития. Характеристика цивилизационных достижений в терминах силы (“производительные силы”, “сила знания” и т.п.) выражала установку на обретение человеком все новых возможностей, позволяющих расширять горизонт его преобразующей деятельности.

Изменяя путем приложения освоенных сил не только природную, но и социальную среду, человек реализует свое предназначение творца, преобразователя мира.

Идеал творческой, суверенной, автономной личности занимает одно из приоритетных мест в системе ценностей техногенной цивилизации. Мы, родившиеся и живущие в мире техногенной культуры, воспринимаем это как нечто само собой разумеющееся. Но человек традиционного общества не принял бы этих ценностей. В традиционном обществе личность реализуется только через принадлежность к какой-либо определенной корпорации, будучи элементом в строго определенной системе корпоративных связей. Если человек не включен в какую-нибудь корпорацию, он не личность.

В техногенной цивилизации возникает особый тип автономии личности: человек может менять свои корпоративные связи, он жестко к ним не привязан, может и способен очень гибко строить свои отношения с людьми, включаться в разные социальные общности, а часто и в разные культурные традиции.

Как подчеркивал М.К.Петров, поскольку индивид, формирующийся в лоне новоевропейской культуры и социальности, жестко не связан с семейно-корпоративной традицией передачи профессионального и социального опыта, то это было бы воспринято человеком традиционного общества как признак явной ущербности европейца, которому с детства “прививают вздорную мысль о том, что он способен стать всем, и, когда европеец взрослеет, включается в специализированную деятельность, он до конца жизни остается разочарованным человеком, носителем несбыточных и, естественно, несбывшихся надежд, озлобления и зависти к ближним, которые, по его мнению, заняты как раз тем, чем лучше их мог бы заняться он сам. Ни в юности, ни в зрелые годы европеец не знает ориентиров собственной жизни, не в состоянии понять ее цели, безрассудно мечется от одной специальности к другой, всю жизнь что-то осваивает...”^[3].

Этот мысленный эксперимент, предложенный М.К.Петровым, можно продолжить, но уже поменяв систему отсчета, и посмотреть на систему ценностей традиционных культур глазами человека техногенной культуры. Тогда привязанность человека традиционного общества к строго определенным, консервативно воспроизводимым видам деятельности и его жесткая принадлежность от рождения до смерти к некой корпорации, клану или касте будет восприниматься людьми, воспитанными в новоевропейской культуре, как признак несвободы, отсутствие выбора, растворения индивидуальности в корпоративных отношениях, подавления в человеке творческих, индивидуальных начал. Может быть, это отношение в несколько обостренной форме выразил А.Герцен, написав о традиционных восточных обществах, что человек здесь не знал свободы и “не

понимал своего достоинства: оттого он был или в прахе валяющийся раб или необузданный деспот”[4].

Стабильность жизни традиционных обществ с позиций этой системы жизненных смыслов оценивается как застой и отсутствие прогресса, которым противостоит динамизм западного образа жизни. Вся культура техногенных обществ, ориентированная на инновации и трансформацию традиций, формирует и поддерживает идеал творческой индивидуальности.

Обучение, воспитание и социализация индивида в новоевропейской культурной традиции способствует формированию у него значительно более гибкого и динамичного мышления, чем у человека традиционных обществ. Это проявляется и в более сильной рефлексивности обыденного сознания, его ориентации на идеалы доказательности и обоснования суждений, и в традиции языковых игр, лежащих в основании европейского юмора, и в насыщенности обыденного мышления догадками, прогнозами, предвосхищениями будущего как возможными состояниями социальной жизни, и в его пронизанности абстрактно логическими структурами, организующими рассуждение.

Такого рода логические структуры часто вообще не присутствуют в сознании человека традиционных обществ. Исследование мышления традиционалистских групп в Средней Азии, проведенное в начале 1930-х годов А.Р.Лурия, обнаружили, что представители этих групп не могут решить задачи, требующие формального рассуждения по схеме силлогизма. Но те люди традиционных обществ, которые получили школьное образование, включающее обучение математике и другим наукам, решали эти задачи достаточно легко[5].

Сходные результаты были получены при исследованиях мышления человека традиционного общества других регионов (в частности, исследовании М.Коулом традиционалистских групп Либерии)[6].

Все эти особенности функционирования сознания в разных типах культур детерминированы свойственными данным культурам глубинными жизненными смыслами и ценностями.

В культуре техногенных обществ система этих ценностей базируется на идеалах креативной деятельности и творческой активности суверенной личности. И только в этой системе ценностей научная рациональность и научная деятельность обретают приоритетный статус.

Особый статус научной рациональности в системе ценностей техногенной цивилизации и особая значимость научно-технического взгляда на мир, определены тем, что научное познание мира является условием для его преобразования в расширяющихся масштабах. Оно создает уверенность в том, что человек способен, раскрыв законы природы и социальной жизни, регулировать природные и социальные процессы в соответствии со своими целями.

Поэтому в новоевропейской культуре и в последующем развитии техногенных обществ категория научности обретает своеобразный символический смысл. Она воспринимается как необходимое условие процветания и прогресса. Ценность научной рациональности и ее активное влияние на другие сферы культуры становятся характерным признаком жизни техногенных обществ.

Глобальные кризисы и проблема ценности научно-технического прогресса

Престижный статус науки стимулирует развертывание большого многообразия ее развитых форм. Исследуя их и анализируя, как менялись функции науки в социальной жизни, можно выявить основные особенности научного познания, его возможности и границы.

Проблема этих возможностей в настоящее время ставится особенно остро. Все дело в том, что само развитие техногенной цивилизации подошло к критическим рубежам, которые обозначили границы этого типа цивилизационного роста. Это

обнаружилось во второй половине XX века в связи с возникновением глобальных кризисов и глобальных проблем.

Среди многочисленных глобальных проблем, порожденных техногенной цивилизацией и поставивших под угрозу само существование человечества, можно выделить три главных.

Первая из них — это проблема выживания в условиях непрерывного совершенствования оружия массового уничтожения. В ядерный век человечество оказалось на пороге возможного самоуничтожения, и этот печальный итог был “побочным эффектом” научно-технического прогресса, открывающего все новые возможности развития военной техники.

Второй, пожалуй, самой острой проблемой современности, становится нарастание экологического кризиса в глобальных масштабах. Два аспекта человеческого существования как части природы и как деятельного существа, преобразующего природу, приходят в конфликтное столкновение.

Старая парадигма, будто природа — бесконечный резервуар ресурсов для человеческой деятельности, оказалась неверной. Человек сформировался в рамках биосферы — особой системы, возникшей в ходе космической эволюции. Она представляет собой не просто окружающую среду, которую можно рассматривать как поле для преобразующей деятельности человека, а выступает единым целостным организмом, в который включено человечество в качестве специфической подсистемы. Деятельность человека вносит постоянные изменения в динамику биосферы и на современном этапе развития техногенной цивилизации масштабы человеческой экспансии в природу таковы, что они начинают разрушать биосферу как целостную экосистему. Грозящая экологическая катастрофа требует выработки принципиально новых стратегий научно-технического и социального развития человечества, стратегий деятельности, обеспечивающей коэволюцию человека и природы.

И наконец, еще одна — третья по счету (но не по значению!) проблема — это проблема сохранения человеческой личности, человека как биосоциальной структуры в условиях растущих и всесторонних процессов отчуждения. Эту глобальную проблему иногда обозначают как современный антропологический кризис. Человек, усложняя свой мир, все чаще вызывает к жизни такие силы, которые он уже не контролирует и которые становятся чуждыми его природе. Чем больше он преобразует мир, тем в большей мере он порождает непредвиденные социальные факторы, которые начинают формировать структуры, радикально меняющие человеческую жизнь и очевидно ухудшающие ее. Еще в 60-е годы философ Г. Маркузе констатировал в качестве одного из последствий современного техногенного развития появление “одномерного человека” как продукта массовой культуры. Современная индустриальная культура действительно создает широкие возможности для манипуляций сознанием, при которых человек теряет способность рационально осмысливать бытие. При этом и манипулируемые и сами манипуляторы становятся заложниками массовой культуры, превращаясь в персонажи гигантского кукольного театра, спектакли которого разыгрывают с человеком им же порожденные фантомы.

Ускоренное развитие техногенной цивилизации делает весьма сложной проблему социализации и формирования личности. Постоянно меняющийся мир обрывает многие корни, традиции, заставляя человека одновременно жить в разных традициях, в разных культурах, приспосабливаться к разным, постоянно обновляющимся обстоятельствам. Связи человека делаются спорадическими, они, с одной стороны, стягивают всех индивидов в единое человечество, а с другой — изолируют, атомизируют людей.

Современная техника позволяет общаться с людьми различных континентов. Можно по телефону побеседовать с коллегами из США, затем, включив телевизор, узнать, что делается далеко на юге Африки, но при этом не знать соседей по лестничной клетке, живя подолгу рядом с ними.

Проблема сохранения личности приобретает в современном мире еще одно, совершенно новое измерение. Впервые в истории человечества возникает реальная опасность разрушения той биогенетической основы, которая является предпосылкой индивидуального бытия человека и формирования его как личности, основы, с которой в процессе социализации соединяются разнообразные программы социального поведения и ценностные ориентации, хранящиеся и вырабатываемые в культуре.

Речь идет об угрозе существования человеческой телесности, которая является результатом миллионов лет биоэволюции и которую начинает активно деформировать современный техногенный мир. Этот мир требует включения человека во всё возрастающее многообразие социальных структур, что сопряжено с гигантскими нагрузками на психику, стрессами, разрушающими его здоровье. Обвал информации, стрессовые нагрузки, канцерогены, засорение окружающей среды, накопление вредных мутаций — все это проблемы сегодняшней действительности, ее повседневные реалии.

Цивилизация значительно продлила срок человеческой жизни, развила медицину, позволяющую лечить многие болезни, но вместе с тем она устранила действие естественного отбора, который на заре становления человечества вычеркивал носителей генетических ошибок из цепи сменяющихся поколений. С ростом мутагенных факторов в современных условиях биологического воспроизводства человека возникает опасность резкого ухудшения генофонда человечества.

Выход иногда видят в перспективах генной инженерии. Но здесь нас подстерегают новые опасности. Если дать возможность вмешиваться в генетический код человека, изменять его, то этот путь ведет не только к позитивным результатам лечения ряда наследственных болезней, но и открывает опасные перспективы перестройки самих основ человеческой телесности. Возникает соблазн “планомерного” генетического совершенствования созданного природой “антропологического материала”, приспособливая его ко все новым социальным нагрузкам. Об этом сегодня пишут уже не только в фантастической литературе. Подобную перспективу всерьез обсуждают биологи, философы и футурологи. Несомненно, что достижения научно-технического прогресса дадут в руки человечества могучие средства, позволяющие воздействовать на глубинные генетические структуры, управляющие воспроизводством человеческого тела. Но получив в свое распоряжение подобные средства, человечество обретет нечто, равнозначное атомной энергии, по возможным последствиям. При современном уровне нравственного развития всегда найдутся “экспериментаторы” и добровольцы для экспериментов, которые могут сделать лозунг совершенствования биологической природы человека реалиями политической борьбы и амбициозных устремлений. Перспективы генетической перестройки человеческой телесности сопрягаются с не менее опасными перспективами манипуляций над психикой человека, путем воздействия на его мозг. Современные исследования мозга обнаруживают структуры, воздействия на которые могут порождать галлюцинации, вызывать отчетливые картины прошлого, которые переживаются как настоящие, изменять эмоциональные состояния человека и т.п. И уже появились добровольцы, применяющие на практике методику многих экспериментов в этой области: вживляют, например, в мозг десятки электродов, которые позволяют слабым

электрическим раздражением вызывать необычные психические состояния, устранять сонливость, получать ощущения бодрости и т.п.

Усиливающиеся психические нагрузки, с которыми все больше сталкивается человек в современном техногенном мире, способствуют накоплению отрицательных эмоций и часто стимулируют применение искусственных средств снятия напряжения. В этих условиях возникают опасности распространения как традиционных (транквилизаторы, наркотики), так и новых средств манипуляции психикой. Вообще вмешательство в человеческую телесность и особенно попытки целенаправленного изменения сферы эмоций и генетических оснований человека, даже при самом жестком контроле и слабых изменениях, могут привести к непредсказуемым последствиям. Нельзя упускать из виду, что человеческая культура глубинно связана с человеческой телесностью и первичным эмоциональным строем, который ею продиктован. Предположим, что известному персонажу из антиутопии Оруэлла “1984” удалось бы реализовать мрачный план генетического изменения чувства половой любви. Для людей, у которых исчезла бы эта сфера эмоций, уже не имеют смысла ни Байрон, ни Шекспир, ни Пушкин, для них выпадут целые пласты человеческой культуры. Биологические предпосылки — это не просто нейтральный фон социального бытия, это почва, на которой выростала человеческая культура и вне которой невозможна была бы человеческая духовность.

Все это — проблемы выживания человечества, которые породила техногенная цивилизация. Современные глобальные кризисы ставят под сомнение тип прогресса, реализованный в предшествующем техногенном развитии.

По-видимому, на рубеже двух тысячелетий по христианскому летосчислению, человечество должно осуществить радикальный поворот к каким-то новым формам цивилизационного прогресса.

Некоторые философы и футурологи сравнивают современные процессы с изменениями, которые пережило человечество при переходе от каменного к железному веку. Эта точка зрения имеет глубокие основания, если учесть, что решения глобальных проблем предполагают коренную трансформацию ранее принятых стратегий человеческой жизнедеятельности. Любой новый тип цивилизационного развития требует выработки новых ценностей, новых мировоззренческих ориентиров. Необходим пересмотр прежнего отношения к природе, идеалов господства, ориентированных на силовое преобразование природного и социального мира, необходима выработка новых идеалов человеческой деятельности, нового понимания перспектив человека.

В этом контексте возникает вопрос и о традиционных для техногенной цивилизации ценностях науки и научно-технического прогресса.

Существуют многочисленные антисциентистские концепции, возлагающие на науку и ее технологические применения ответственность за нарастающие глобальные проблемы. Крайний антисциентизм с его требованиями ограничить и даже затормозить научно-технический прогресс, по существу, предлагает возврат к традиционным обществам. Но на этих путях в современных условиях невозможно решить проблему обеспечения постоянно растущего населения элементарными жизненными благами.

Выход состоит не в отказе от научно-технического развития, а в придании ему гуманистического измерения, что, в свою очередь, ставит проблему нового типа научной рациональности, включающей в себя в явном виде гуманистические ориентиры и ценности^[7].

В этой связи возникает целая серия вопросов. Как возможно включение в научное познание внешних для него ценностных ориентаций? Каковы механизмы этого включения? Не приведет ли к деформациям истины и жесткому идеологическому контролю за наукой требование соизмерять ее с социальными

ценностями? Имеются ли внутренние, в самой науке вызревающие, предпосылки для ее перехода в новое состояние? И как это новое состояние скажется на судьбах теоретического знания, его относительной автономии и его социальной ценности?

Это действительно кардинальные вопросы современной философии науки. Ответ на них предполагает исследование особенностей научного познания, его генезиса, механизмов его развития, выяснения того, как могут исторически изменяться типы научной рациональности и каковы современные тенденции такого изменения.

Очевидно, первым шагом на этом пути должен стать анализ специфики науки, выявление тех инвариантных признаков, которые устойчиво сохраняются при исторической смене типов научной рациональности.

В каждую конкретную историческую эпоху эти признаки могут соединяться с особенными, свойственными именно данной эпохе характеристиками научного познания. Но если исчезнут инвариантные признаки науки, отличающие ее от других форм познания (искусства, обыденного познания, философии, религиозного постижения мира), то это будет означать исчезновение науки.

Специфика научного познания

Главные отличительные признаки науки

Интуитивно кажется ясным, чем отличается наука от других форм познавательной деятельности человека. Однако четкая экспликация специфических черт науки в форме признаков и определений оказывается довольно сложной задачей. Об этом свидетельствуют многообразие дефиниций науки, непрекращающиеся дискуссии по проблеме демаркации между ней и другими формами познания.

Научное познание, как и все формы духовного производства, в конечном счете необходимо для того, чтобы регулировать человеческую деятельность. Различные виды познания по-разному выполняют эту роль, и анализ этого различия является первым и необходимым условием для выявления особенностей научного познания.

Деятельность может быть рассмотрена как сложно организованная сеть различных актов преобразования объектов, когда продукты одной деятельности переходят в другую и становятся ее компонентами. Например, железная руда как продукт горнодобывающего производства становится предметом, который преобразуется в деятельности сталевара, станки, произведенные на заводе из добытой сталеваром стали, становятся средствами деятельности в другом производстве. Даже субъекты деятельности — люди, осуществляющие преобразования объектов в соответствии с поставленными целями, могут быть в определенной степени представлены как результаты деятельности обучения и воспитания, которая обеспечивает усвоение субъектом необходимых образцов действий, знаний и навыков применения в деятельности определенных средств.

Структурные характеристики элементарного акта деятельности можно представить в виде следующей схемы:

субъектная структура		предметная (объектная) структура	
ценности цели знания и навыки	Ср.		
	(средства деятельности)	действия (операции)	
С		П	
(субъект деятельности)		предмет (исходный материал)	результат определенной деятельности

Правая часть этой схемы изображает предметную структуру деятельности — взаимодействие средств с предметом деятельности и превращение его в продукт благодаря осуществлению определенных операций. Левая часть представляет субъектную структуру, которая включает субъекта деятельности (с его целями, ценностями, знаниями операций и навыками), осуществляющего целесообразные действия и использующего для этой цели определенные средства деятельности. Средства и действия могут быть отнесены и к объектной, и к субъектной структурам, поскольку их можно рассмотреть двояким образом. С одной стороны, средства могут быть представлены в качестве искусственных органов человеческой деятельности. С другой — они могут рассматриваться в качестве естественных объектов, которые взаимодействуют с другими объектами. Аналогичным образом операции могут представлять в разных рассмотрениях и как действия человека, и как естественные взаимодействия объектов.

Деятельность всегда регулируется определенными ценностями и целями. Ценность отвечает на вопрос: *для чего нужна та или иная деятельность?* Цель — на вопрос: *что должно быть получено в деятельности?* Цель — это идеальный образ продукта. Она воплощается, опредмечивается в продукте, который выступает результатом преобразования предмета деятельности.

Поскольку деятельность универсальна, функциями ее предметов могут выступать не только фрагменты природы, преобразуемые в практике, но и люди, “свойства” которых меняются при их включении в различные социальные подсистемы, а также сами эти подсистемы, взаимодействующие в рамках общества как целостного организма. Тогда в первом случае мы имеем дело с “предметной стороной” изменения человеком природы, а во втором — с “предметной стороной” практики, направленной на изменение социальных объектов. Человек с этой точки зрения может выступать и как субъект, и как объект практического действия.

На ранних стадиях развития общества субъектная и предметная стороны практической деятельности не расчлняются в познании, а берутся как единое целое. Познание отображает способы практического изменения объектов, включая в характеристику последних цели, способности и действия человека. Такое

представление об объектах деятельности переносится на всю природу, которая рассматривается сквозь призму осуществляемой практики.

Известно, например, что в мифах древних народов силы природы всегда уподобляются человеческим силам, а ее процессы — человеческим действиям. Первобытное мышление при объяснении явлений внешнего мира неизменно прибегает к их сравнению с человеческими поступками и мотивами^[8]. Лишь в процессе длительной эволюции общества познание начинает исключать антропоморфные факторы из характеристики предметных отношений. Важную роль в этом процессе сыграло историческое развитие практики, и прежде всего совершенствование средств и орудий труда.

По мере усложнения орудий те операции, которые ранее непосредственно производились человеком, начинали “овеществляться”, выступая как последовательное воздействие одного орудия на другое и лишь затем на преобразуемый объект. Тем самым свойства и состояния объектов, возникающие благодаря указанным операциям, переставали казаться вызванными непосредственными усилиями человека, а все больше выступали в качестве результата взаимодействия самих природных предметов. Так, если на ранних стадиях цивилизации перемещение грузов требовало мускульных усилий, то с изобретением рычага и блока, а затем простейших машин можно было заменить эти усилия механическими. Например, с помощью системы блоков можно было уравновесить большой груз малым, а прибавив незначительный вес к малому грузу, поднять большой груз на нужную высоту. Здесь для подъема тяжелого тела не нужно усилий человека: один груз самостоятельно перемещает другой.

Подобная передача человеческих функций механизмам приводит к новому представлению о силах природы. Раньше силы понимались только по аналогии с физическими усилиями человека, а теперь начинают рассматриваться как механические силы. Приведенный пример может служить аналогом того процесса “объективизации” предметных отношений практики, который, по-видимому, начался уже в эпоху первых городских цивилизаций древности. В этот период познание начинает постепенно отделять предметную сторону практики от субъективных факторов и рассматривать данную сторону как особую, самостоятельную реальность. Такое рассмотрение практики является одним из необходимых условий для возникновения научного исследования.

Наука ставит своей конечной целью предвидеть процесс преобразования предметов практической деятельности (объект в исходном состоянии) в соответствующие продукты (объект в конечном состоянии). Это преобразование всегда определено сущностными связями, законами изменения и развития объектов, и сама деятельность может быть успешной только тогда, когда она согласуется с этими законами. Поэтому основная задача науки — выявить законы, в соответствии с которыми изменяются и развиваются объекты.

Применительно к процессам преобразования природы эту функцию выполняют естественные и технические науки. Процессы изменения социальных объектов исследуются общественными науками. Поскольку в деятельности могут преобразовываться самые различные объекты — предметы природы, человек (и состояния его сознания), подсистемы общества, знаковые объекты, функционирующие в качестве феноменов культуры и т.д., — постольку все они могут стать предметами научного исследования.

Ориентация науки на изучение объектов, которые могут быть включены в деятельность (либо актуально, либо потенциально как возможные объекты ее будущего преобразования), и их исследование как подчиняющихся объективным законам функционирования и развития составляет первую главную особенность научного познания.

Эта особенность отличает его от других форм познавательной деятельности человека. Так, например, в процессе художественного освоения действительности объекты, включенные в человеческую деятельность, не отделяются от субъективных факторов, а берутся в своеобразной “склежке” с ними. Любое отражение предметов объективного мира в искусстве одновременно выражает ценностное отношение человека к предмету. Художественный образ — это такое отражение объекта, которое содержит отпечаток человеческой личности, ее ценностных ориентаций, которые вплавляются в характеристики отражаемой реальности. Исключить это взаимопроникновение — значит разрушить художественный образ. В науке же особенности жизнедеятельности личности, создающей знания, ее оценочные суждения не входят непосредственно в состав порождаемого знания (законы Ньютона не позволяют судить о том, что любил и что ненавидел Ньютон, тогда как, например, в портретах кисти Рембрандта запечатлена личность самого Рембрандта, его мироощущение и его личностное отношение к изображаемым социальным явлениям; портрет, написанный великим художником, всегда выступает и как автопортрет).

Наука ориентирована на предметное и объективное исследование действительности. Сказанное, конечно, не означает, что личностные моменты и ценностные ориентации ученого не играют роли в научном творчестве и не влияют на его результаты.

Процесс научного познания обусловлен не только особенностями изучаемого объекта, но и многочисленными факторами социокультурного характера.

Рассматривая науку в ее историческом развитии, можно обнаружить, что по мере изменения типа культуры меняются стандарты изложения научного знания, способы видения реальности в науке, стили мышления, которые формируются в контексте культуры и испытывают воздействие самых различных ее феноменов. Это воздействие может быть представлено как включение различных социокультурных факторов в процесс генерации собственно научного знания. Однако констатация связей объективного и субъективного в любом познавательном процессе и необходимость комплексного исследования науки в ее взаимодействии с другими формами духовной деятельности человека не снимают вопроса о различии между наукой и этими формами (обыденным познанием, художественным мышлением и т.п.). Первой и необходимой характеристикой такого различия является признак объективности и предметности научного познания.

Наука в человеческой деятельности выделяет только ее предметную структуру и все рассматривает сквозь призму этой структуры. Как царь Мидас из известной древней легенды — к чему бы он ни прикасался, все обращалось в золото, — так и наука, к чему бы она ни прикоснулась, — все для нее предмет, который живет, функционирует и развивается по объективным законам.

Здесь сразу же возникает вопрос: ну, а как тогда быть с субъектом деятельности, с его целями, ценностями, состояниями его сознания? Все это принадлежит к компонентам субъектной структуры деятельности, но ведь наука способна исследовать и эти компоненты, потому что для нее нет запретов на исследование каких-либо реально существующих феноменов. Ответ на эти вопросы довольно простой: да, наука может исследовать любые феномены жизни человека и его сознания, она может исследовать и деятельность, и человеческую психику, и культуру, но только под одним углом зрения — как особые предметы, которые подчиняются объективным законам. Субъектную структуру деятельности наука тоже изучает, но как особый объект. А там, где наука не может сконструировать предмет и представить его “естественную жизнь”, определяемую его сущностными связями, там и кончаются ее притязания. Таким образом наука может изучать все в человеческом мире, но в особом ракурсе и с особой точки зрения. Этот особый

ракурс предметности выражает одновременно и безграничность и ограниченность науки, поскольку человек как самодеятельное, сознательное существо обладает свободой воли, и он не только объект, он еще и субъект деятельности. И в этом его субъектном бытии не все состояния могут быть исчерпаны научным знанием, даже если предположить, что такое всеобъемлющее научное знание о человеке, его жизнедеятельности может быть получено.

В этом утверждении о границах науки нет никакого антисциентизма. Просто это констатация бесспорного факта, что наука не может заменить собой всех форм познания мира, всей культуры. И все, что ускользает из ее поля зрения, компенсируют другие формы духовного постижения мира — искусство, религия, нравственность, философия.

Изучая объекты, преобразуемые в деятельности, наука не ограничивается познанием только тех предметных связей, которые могут быть освоены в рамках наличных, исторически сложившихся на данном этапе развития общества типов деятельности. Цель науки заключается в том, чтобы предвидеть возможные будущие изменения объектов, в том числе и те, которые соответствовали бы будущим типам и формам практического изменения мира.

Как выражение этих целей в науке складываются не только исследования, обслуживающие сегодняшнюю практику, но и слои исследований, результаты которых могут найти применение только в практике будущего. Движение познания в этих слоях обусловлено уже не столько непосредственными запросами сегодняшней практики, сколько познавательными интересами, через которые проявляются потребности общества в прогнозировании будущих способов и форм практического освоения мира. Например, постановка внутринаучных проблем и их решение в рамках фундаментальных теоретических исследований физики привели к открытию законов электромагнитного поля и предсказанию электромагнитных волн, к открытию законов деления атомных ядер, квантовых законов излучения атомов при переходе электронов с одного энергетического уровня на другой и т.п. Все эти теоретические открытия заложили основу для будущих способов массового практического освоения природы в производстве. Через несколько десятилетий они стали базой для прикладных инженерно-технических исследований и разработок, внедрение которых в производство, в свою очередь, революционизировало технику и технологию — появились радиоэлектронная аппаратура, атомные электростанции, лазерные установки и т.д.

Крупные ученые, создатели новых, оригинальных направлений и открытий, всегда обращали внимание на эту способность теорий потенциально содержать в себе целые созвездия будущих новых технологий и неожиданных практических приложений.

К.А.Тимирязев по этому поводу писал: “Несмотря на отсутствие в современной науке узко утилитарного направления, именно в своем, независимом от указки житейских мудрецов и моралистов, свободном развитии она явилась, более чем когда, источником практических, житейских применений. То поразительное развитие техники, которым ослеплены поверхностные наблюдатели, готовые признать его за самую выдающуюся черту XIX века, является только результатом не для всех видимого небывалого в истории развития именно науки, свободной от всякого утилитарного гнета. Разительным доказательством тому служит развитие химии: была она и алхимией и ятрохимией, на послугах и у горного дела, и у аптеки, и только в XIX веке, “веке науки”, став просто химией, т.е. чистой наукой, явилась она источником неисчислимых приложений и в медицине, и в технике, и в горном деле, пролила свет и на стоящие в научной иерархии выше ее физику и даже астрономию, и на более молодые отрасли знания, как, например, физиологию, можно сказать, сложившуюся только в течение этого века”[9].

Сходные мысли высказывал один из создателей квантовой механики французский физик Луи де Бройль. “Великие открытия, — писал он, — даже сделанные исследователями, которые не имели в виду никакого практического применения и занимались исключительно теоретическим решением проблем, быстро находили затем себе применение в технической области. Конечно, Планк, когда он впервые написал формулу, носящую теперь его имя, совсем не думал об осветительной технике. Но он не сомневался, что затраченные им огромные усилия мысли позволят нам понять и предвидеть большое количество явлений, которые быстро и во все возрастающем количестве будут использованы осветительной техникой. Нечто аналогичное произошло и со мной. Я был крайне удивлен, когда увидел, что разработанные мной представления очень быстро находят конкретные приложения в технике дифракции электронов и электронной микроскопии”[10].

Нацеленность науки на изучение не только объектов, преобразуемых в сегодняшней практике, но и тех объектов, которые могут стать предметом массового практического освоения в будущем, является второй отличительной чертой научного познания. Эта черта позволяет разграничить научное и обыденное, стихийно-эмпирическое познание и вывести ряд конкретных определений, характеризующих природу науки. Она позволяет понять, почему теоретическое исследование выступает определяющей характеристикой развитой науки.

Научное и обыденное познание

Стремление изучать объекты реального мира и на этой основе предвидеть результаты его практического преобразования свойственно не только науке, но и обыденному познанию, которое вплетено в практику и развивается на ее основе. По мере того как развитие практики опредмечивает в орудиях функции человека и создает условия для элиминации субъективных и антропоморфных наслоений при изучении внешних объектов, в обыденном познании появляются некоторые виды знаний о реальности, в общем-то сходные с теми, которые характеризуют науку.

Зародышевые формы научного познания возникли в недрах и на основе этих видов обыденного познания, а затем отпочковались от него (наука эпохи первых городских цивилизаций древности). С развитием науки и превращением ее в одну из важнейших ценностей цивилизации ее способ мышления начинает оказывать все более активное воздействие на обыденное сознание. Это воздействие развивает содержащиеся в обыденном, стихийно-эмпирическом познании элементы объективно-предметного отражения мира.

Способность стихийно-эмпирического познания порождать предметное и объективное знание о мире ставит вопрос о различии между ним и научным исследованием. Признаки, отличающие науку от обыденного познания, удобно классифицировать сообразно той категориальной схеме, в которой характеризуется структура деятельности (прослеживая различие науки и обыденного познания по предмету, средствам, продукту, методам и субъекту деятельности).

Тот факт, что наука обеспечивает сверхдальнее прогнозирование практики, выходя за рамки существующих стереотипов производства и обыденного опыта, означает, что она имеет дело с особым набором объектов реальности, не сводимых к объектам обыденного опыта. Если обыденное познание отражает только те объекты, которые в принципе могут быть преобразованы в наличных исторически сложившихся способах и видах практического действия, то наука способна изучать и такие фрагменты реальности, которые могут стать предметом освоения только в практике далекого будущего. Она постоянно выходит за рамки предметных структур наличных видов и способов практического освоения мира и открывает человечеству новые предметные миры его возможной будущей деятельности.

Эти особенности объектов науки делают недостаточными для их освоения те средства, которые применяются в обыденном познании. Хотя наука и пользуется

естественным языком, она не может только на его основе описывать и изучать свои объекты. Во-первых, обыденный язык приспособлен для описания и предвидения объектов, вплетенных в наличную практику человека (наука же выходит за ее рамки); во-вторых, понятия обыденного языка нечетки и многозначны, их точный смысл чаще всего обнаруживается лишь в контексте языкового общения, контролируемого повседневным опытом. Наука же не может положиться на такой контроль, поскольку она преимущественно имеет дело с объектами, не освоенными в обыденной практической деятельности. Чтобы описать изучаемые явления, она стремится как можно более четко фиксировать свои понятия и определения.

Выработка наукой специального языка, пригодного для описания ею объектов, необычных с точки зрения здравого смысла, является необходимым условием научного исследования. Язык науки постоянно развивается по мере ее проникновения во все новые области объективного мира. Причем он оказывает обратное воздействие на повседневный, естественный язык. Например, термины “электричество”, “холодильник” когда-то были специфическими научными понятиями, а затем вошли в повседневный язык.

Наряду с искусственным, специализированным языком научное исследование нуждается в особой системе средств практической деятельности, которые, воздействуя на изучаемый объект, позволяют выявить возможные его состояния в условиях, контролируемых субъектом. Средства, применяемые в производстве и в быту, как правило, непригодны для этой цели, поскольку объекты, изучаемые наукой, и объекты, преобразуемые в производстве и повседневной практике, чаще всего отличаются по своему характеру. Отсюда необходимость специальной научной аппаратуры (измерительных инструментов, приборных установок), которые позволяют науке экспериментально изучать новые типы объектов.

Научная аппаратура и язык науки выступают как выражение уже добытых знаний. Но подобно тому, как в практике ее продукты превращаются в средства новых видов практической деятельности, так и в научном исследовании его продукты — научные знания, выраженные в языке или о вещественные в приборах, становятся средством дальнейшего исследования.

Таким образом, из особенностей предмета науки мы получили в качестве своеобразного следствия отличия в средствах научного и обыденного познания.

Спецификой объектов научного исследования можно объяснить далее и основные отличия научных знаний как продукта научной деятельности от знаний, получаемых в сфере обыденного, стихийно-эмпирического познания. Последние чаще всего не систематизированы; это, скорее, конгломерат сведений, предписаний, рецептур деятельности и поведения, накопленных на протяжении исторического развития обыденного опыта. Их достоверность устанавливается благодаря непосредственному применению в наличных ситуациях производственной и повседневной практики. Что же касается научных знаний, то их достоверность уже не может быть обоснована только таким способом, поскольку в науке преимущественно исследуются объекты, еще не освоенные в производстве. Поэтому нужны специфические способы обоснования истинности знания. Ими являются экспериментальный контроль за получаемым знанием и выводимость одних знаний из других, истинность которых уже доказана. В свою очередь, процедуры выводимости обеспечивают перенос истинности с одних фрагментов знания на другие, благодаря чему они становятся связанными между собой, организованными в систему.

Таким образом, мы получаем характеристики системности и обоснованности научного знания, отличающие его от продуктов обыденной познавательной деятельности людей.

Из главной характеристики научного исследования можно вывести также и такой отличительный признак науки при ее сравнении с обыденным познанием, как особенность метода познавательной деятельности. Объекты, на которые направлено обыденное познание, формируются в повседневной практике. Приемы, посредством которых каждый такой объект выделяется и фиксируется в качестве предмета познания, вплетены в обыденный опыт. Совокупность таких приемов, как правило, не осознается субъектом в качестве метода познания. Иначе обстоит дело в научном исследовании. Здесь уже само обнаружение объекта, свойства которого подлежат дальнейшему изучению, составляет весьма трудоемкую задачу. Например, чтобы обнаружить короткоживущие частицы — резонансы, современная физика ставит эксперименты по рассеиванию пучков частиц и затем применяет сложные расчеты. Обычные частицы оставляют следы-треки в фотоэмульсиях или в камере Вильсона, резонансы же таких треков не оставляют. Они живут очень короткое время (10^{-22} сек) и за этот промежуток времени проходят расстояние, меньшее размеров атома. В силу этого резонанс не может вызвать ионизации молекул фотоэмульсии (или газа в камере Вильсона) и оставить наблюдаемый след. Однако, когда резонанс распадается, возникающие при этом частицы способны оставлять следы указанного типа. На фотографии они выглядят как набор лучей-черточек, исходящих из одного центра. По характеру этих лучей, применяя математические расчеты, физик определяет наличие резонанса. Таким образом, для того чтобы иметь дело с одним и тем же видом резонансов, исследователю необходимо знать условия, в которых появляется соответствующий объект. Он обязан четко определить метод, с помощью которого в эксперименте может быть обнаружена частица. Вне метода он вообще не выделит изучаемого объекта из многочисленных связей и отношений предметов природы. Чтобы зафиксировать объект, ученый должен знать методы такой фиксации. Поэтому в науке изучение объектов, выявление их свойств и связей всегда сопровождается осознанием метода, посредством которого исследуется объект. Объекты всегда даны человеку в системе определенных приемов и методов его деятельности. Но эти приемы в науке уже не очевидны, не являются многократно повторяемыми в повседневной практике приемами. И чем дальше наука отходит от привычных вещей повседневного опыта, углубляясь в исследование “необычных” объектов, тем яснее и отчетливее проявляется необходимость в создании и разработке особых методов, в системе которых наука может изучать объекты. Наряду со знаниями об объектах наука формирует знания о методах. Потребность в развертывании и систематизации знаний второго типа приводит на высших стадиях развития науки к формированию методологии как особой отрасли научного исследования, призванной целенаправленно направлять научный поиск.

Наконец, стремление науки к исследованию объектов относительно независимо от их освоения в наличных формах производства и обыденного опыта предполагает специфические характеристики субъекта научной деятельности. Занятия наукой требуют особой подготовки познающего субъекта, в ходе которой он осваивает исторически сложившиеся средства научного исследования, обучается приемам и методам оперирования с этими средствами. Для обыденного познания такой подготовки не нужно, вернее, она осуществляется автоматически, в процессе социализации индивида, когда у него формируется и развивается мышление в процессе общения с культурой и включения индивида в различные сферы деятельности. Занятия наукой предполагают наряду с овладением средствами и методами также и усвоение определенной системы ценностных ориентаций и целевых установок, специфичных для научного познания. Эти ориентации должны стимулировать научный поиск, нацеленный на изучение все новых и новых объектов независимо от сегодняшнего практического эффекта от получаемых знаний. Иначе наука не будет осуществлять своей главной функции — выходить за

рамки предметных структур практики своей эпохи, раздвигая горизонты возможностей освоения человеком предметного мира.

Две основные установки науки обеспечивают стремление к такому поиску: самоценность истины и ценность новизны.

Любой ученый принимает в качестве одной из основных установок научной деятельности поиск истины, воспринимая истину как высшую ценность науки. Эта установка воплощается в целом ряде идеалов и нормативов научного познания, выражающих его специфику: в определенных идеалах организации знания (например, требовании логической непротиворечивости теории и ее опытной подтверждаемости), в поиске объяснения явлений исходя из законов и принципов, отражающих существенные связи исследуемых объектов, и т.д.

Не менее важную роль в научном исследовании играет установка на постоянный рост знания и особую ценность новизны в науке. Эта установка выражена в системе идеалов и нормативных принципов научного творчества (например, запрете на плагиат, допустимости критического пересмотра оснований научного поиска как условия освоения все новых типов объектов и т.д.).

Ценностные ориентации науки образуют фундамент ее этоса, который должен усвоить ученый, чтобы успешно заниматься исследованиями. Великие ученые оставили значительный след в культуре не только благодаря совершенным ими открытиям, но и благодаря тому, что их деятельность была образцом новаторства и служения истине для многих поколений людей. Всякое отступление от истины в угоду личностным, своекорыстным целям, любое проявление беспринципности в науке встречало у них беспрекословный отпор.

В науке в качестве идеала провозглашается принцип, что перед лицом истины все исследователи равны, что никакие прошлые заслуги не принимаются во внимание, если речь идет о научных доказательствах.

Малоизвестный служащий патентного бюро А.Эйнштейн в начале века дискутировал с известным ученым Г.Лоренцем, доказывая справедливость своей трактовки введенных Лоренцем преобразований. В конечном счете именно Эйнштейн выиграл этот спор. Но Лоренц и его коллеги никогда не прибегали в этой дискуссии к приемам, широко применяемым в спорах обыденной жизни, — они не утверждали, например, неприемлемость критики теории Лоренца на том основании, что его статус в то время был несоизмерим со статусом еще не известного научному сообществу молодого физика Эйнштейна.

Не менее важным принципом научного этоса является требование научной честности при изложении результатов исследования. Ученый может ошибаться, но не имеет права подтасовывать результаты, он может повторить уже сделанное открытие, но не имеет права заниматься плагиатом. Институт ссылок как обязательное условие оформления научной монографии и статьи призван не только зафиксировать авторство тех или иных идей и научных текстов. Он обеспечивает четкую селекцию уже известного в науке и новых результатов. Вне этой селекции не было бы стимула к напряженным поискам нового, в науке возникли бы бесконечные повторы пройденного и в конечном счете было бы подорвано ее главное качество — постоянно генерировать рост нового знания, выходя за рамки привычных и уже известных представлений о мире.

Конечно, требование недопустимости фальсификаций и плагиата выступает как своеобразная презумпция науки, которая в реальной жизни может нарушаться. В различных научных сообществах может устанавливаться различная жесткость санкций за нарушение этических принципов науки.

Рассмотрим один пример из жизни современной науки, который может служить образцом непримиримости сообщества к нарушениям этих принципов.

В середине 70-х годов в среде биохимиков и нейрофизиологов громкую известность приобрело так называемое дело Галлиса, молодого и подающего надежды биохимика, который в начале 70-х годов работал над проблемой внутримозговых морфинов. Им была выдвинута оригинальная гипотеза о том, что морфины растительного происхождения и внутримозговые морфины одинаково воздействуют на нервную ткань. Галлис провел серию трудоемких экспериментов, однако не смог убедительно подтвердить эту гипотезу, хотя косвенные данные свидетельствовали о ее перспективности. Опасаясь, что другие исследователи его обгонят и сделают это открытие, Галлис решился на фальсификацию. Он опубликовал вымышленные данные опытов, якобы подтверждающие гипотезу.

“Открытие” Галлиса вызвало большой интерес в сообществе нейрофизиологов и биохимиков. Однако его результаты никто не смог подтвердить, воспроизводя эксперименты по опубликованной им методике. Тогда молодому и уже ставшему известным ученому было предложено публично провести эксперименты на специальном симпозиуме в 1977 году в Мюнхене, под наблюдением своих коллег. Галлис в конце концов вынужден был сознаться в фальсификации. Сообщество ученых отреагировало на это признание жестким бойкотом. Коллеги Галлиса перестали поддерживать с ним научные контакты, все его соавторы публично отказались от совместных с ним статей, и в итоге Галлис опубликовал письмо, в котором он извинился перед коллегами и заявил, что прекращает занятия наукой^[11].

В идеале научное сообщество всегда должно отторгать исследователей, уличенных в умышленном плагиате или преднамеренной фальсификации научных результатов в угоду каким-либо житейским благам. К этому идеалу ближе всего стоят сообщества математиков и естествоиспытателей, но у гуманитариев, например, поскольку они испытывают значительно большее давление со стороны идеологических и политических структур, санкции к исследователям, отклоняющимся от идеалов научной честности, значительно смягчены.

Показательно, что для обыденного сознания соблюдение основных установок научного этикета совсем не обязательно, а подчас даже и нежелательно. Человеку, рассказавшему политический анекдот в незнакомой компании, не обязательно ссылаться на источник информации, особенно если он живет в тоталитарном обществе.

В обыденной жизни люди обмениваются самыми различными знаниями, делятся житейским опытом, но ссылки на автора этого опыта в большинстве ситуаций просто невозможны, ибо этот опыт анонимен и часто транслируется в культуре столетиями.

Наличие специфических для науки норм и целей познавательной деятельности, а также специфических средств и методов, обеспечивающих постижение все новых объектов, требует целенаправленного формирования ученых специалистов. Эта потребность приводит к появлению “академической составляющей науки” — особых организаций и учреждений, обеспечивающих подготовку научных кадров.

В процессе такой подготовки будущие исследователи должны усвоить не только специальные знания, приемы и методы научной работы, но и основные ценностные ориентиры науки, ее этические нормы и принципы.

* * *

Итак, при выяснении природы научного познания можно выделить систему отличительных признаков науки, среди которых главными являются: а) установка на исследование законов преобразования объектов и реализующая эту установку предметность и объективность научного знания; б) выход науки за рамки предметных структур производства и обыденного опыта и изучение ею объектов

относительно независимо от сегодняшних возможностей их производственного освоения (научные знания всегда относятся к широкому классу практических ситуаций настоящего и будущего, который никогда заранее не задан). Все остальные необходимые признаки, отличающие науку от других форм познавательной деятельности, могут быть представлены как зависящие от указанных главных характеристик и обусловленные ими.

Генезис научного познания

Характеристики развитых форм научного познания во многом намечают пути, на которых следует искать решение проблемы генезиса теоретического знания как феномена культуры.

Преднаука и развитая наука

В истории формирования и развития науки можно выделить две стадии, которые соответствуют двум различным методам построения знаний и двум формам прогнозирования результатов деятельности. Первая стадия характеризует зарождающуюся науку (преднауку), вторая — науку в собственном смысле слова. Зарождающаяся наука изучает преимущественно те вещи и способы их изменения, с которыми человек многократно сталкивался в производстве и обыденном опыте. Он стремился построить модели таких изменений с тем, чтобы предвидеть результаты практического действия. Первой и необходимой предпосылкой для этого было изучение вещей, их свойств и отношений, выделенных самой практикой. Эти вещи, свойства и отношения фиксировались в познании в форме идеальных объектов, которыми мышление начинало оперировать как специфическими предметами, замещающими объекты реального мира.^[12] Эта деятельность мышления формировалась на основе практики и представляла собой идеализированную схему практических преобразований материальных предметов. Соединяя идеальные объекты с соответствующими операциями их преобразования, ранняя наука строила таким путем схему тех изменений предметов, которые могли быть осуществлены в производстве данной исторической эпохи. Так, например, анализируя древнеегипетские таблицы сложения и вычитания целых чисел, нетрудно установить, что представленные в них знания образуют в своем содержании типичную схему практических преобразований, осуществляемых над предметными совокупностями.

В таблицах сложения каждый из реальных предметов (это могут быть животные, собираемые в стадо, камни, складываемые для постройки, и т.д.) замещался идеальным объектом “единица”, который фиксировался знаком I (вертикальная черта). Набор предметов изображался здесь как система единиц (для “десятков”, “сотен”, “тысяч” и т.д. в египетской арифметике существовали свои знаки, фиксирующие соответствующие идеальные объекты). Оперирование с предметами, объединяемыми в совокупность (сложение), и отделение от совокупности предметов или их групп (вычитание) изображалось в правилах действия над “единицами”, “десятками”, “сотнями” и т.д. Прибавление, допустим, к пяти единицам трех единиц производилось следующим образом: изображался знак III (число “три”), затем под ним писалось еще пять вертикальных черточек IIII (число “пять”), а затем все эти черточки переносились в одну строку, расположенную под двумя первыми. В результате получалось восемь черточек, обозначающих соответствующее число. Эти операции воспроизводили процедуры образования совокупностей предметов в реальной практике (реальное практическое образование и расчленение предметных совокупностей было основано на процедуре добавления одних единичных предметов к другим).

Используя такого типа знания, можно было предвидеть результаты преобразования предметов, характерные для различных практических ситуаций, связанных с объединением предметов в некоторую совокупность.

Такую же связь с практикой можно обнаружить в первых знаниях, относящихся к геометрии. Геометрия (*греч.* “гео” — земля, “метрия” — измерение) в самом первичном смысле термина обнаруживает связь с практикой измерения земельных участков. Древние греки заимствовали первичные геометрические знания у древних египтян и вавилонян. Земледельческая цивилизация Древнего Египта основывалась на возделывании плодородных земель в долине Нила. Участки земли, которыми владели различные сельские общины, имели свои границы. При разливах Нила эти границы заносились речным илом. Их восстановление было важной задачей, которую решали особые государственные чиновники. Очертания участков и их размеры изображались в чертежах на папирусе. Такие чертежи были моделями земельных участков, и по ним восстанавливались их границы.

Кроме восстановления границ земельных участков существовали практические потребности вычисления их площадей. Это породило новый класс задач, решение которых требовало оперирования с чертежами. В этом процессе были выделены основные геометрические фигуры — треугольник, прямоугольник, трапеция, круг, через комбинации которых можно было изображать площади земельных участков сложной конфигурации. В древнеегипетской математике были найдены способы вычисления площадей основных геометрических фигур, и эти знания стали применяться не только при измерении земельных участков, но и при решении других практических задач, в частности при строительстве различных сооружений.

Операции с геометрическими фигурами на чертежах, связанные с построением и преобразованиями этих фигур, осуществлялись с помощью двух основных инструментов — циркуля и линейки. Этот способ до сих пор является фундаментальным в геометрии. Характерно, что он выступает в качестве схемы реальных практических операций. Измерение земельных участков, а также сторон и плоскостей создаваемых сооружений в строительстве, осуществлялись с помощью туго натянутой мерной веревки с узлами, обозначающими единицу длины (линейка), и мерной веревки, один конец которой закреплялся колышком, а стержень (колышек) на другом ее конце прочерчивал дуги (циркуль). Перенесенные на действия с чертежами эти операции предстали как построения геометрических фигур с помощью циркуля и линейки.

Способ построения знаний путем абстрагирования и схематизации предметных отношений наличной практики обеспечивал предсказание ее результатов в границах уже сложившихся способов практического освоения мира. Однако по мере развития познания и практики наряду с отмеченным способом в науке формируется новый способ построения знаний. Он знаменует переход к собственно научному исследованию предметных связей мира.

Если на этапе преднауки как первичные идеальные объекты, так и их отношения (соответственно смыслы основных терминов языка и правила оперирования с ними) выводились непосредственно из практики и лишь затем внутри созданной системы знания (языка) формировались новые идеальные объекты, то теперь познание делает следующий шаг. Оно начинает строить фундамент новой системы знания как бы “сверху” по отношению к реальной практике и лишь после этого, путем ряда опосредований, проверяет созданные из идеальных объектов конструкции, сопоставляя их с предметными отношениями практики.

При таком методе исходные идеальные объекты черпаются уже не из практики, а заимствуются из ранее сложившихся систем знания (языка) и применяются в качестве строительного материала при формировании новых знаний. Эти объекты погружаются в особую “сеть отношений”, структуру, которая заимствуется из

другой области знания, где она предварительно обосновывается в качестве схематизированного образа предметных структур действительности. Соединение исходных идеальных объектов с новой “сеткой отношений” способно породить новую систему знаний, в рамках которой могут найти отображение существенные черты ранее не изученных сторон действительности. Прямое или косвенное обоснование данной системы практикой превращает ее в достоверное знание.

В развитой науке такой способ исследования встречается буквально на каждом шагу. Так, например, по мере эволюции математики числа начинают рассматриваться не как прообраз предметных совокупностей, которыми оперируют в практике, а как относительно самостоятельные математические объекты, свойства которых подлежат систематическому изучению. С этого момента начинается собственно математическое исследование, в ходе которого из ранее изученных натуральных чисел строятся новые идеальные объекты. Применяя, например, операцию вычитания к любым парам положительных чисел, можно было получить отрицательные числа (при вычитании из меньшего числа большего). Открыв для себя класс отрицательных чисел, математика делает следующий шаг. Она распространяет на них все те операции, которые были приняты для положительных чисел, и таким путем создает новое знание, характеризующее ранее не исследованные структуры действительности. В дальнейшем происходит новое расширение класса чисел: применение операции извлечения корня к отрицательным числам формирует новую абстракцию — “мнимое число”. И на этот класс идеальных объектов опять распространяются все те операции, которые применялись к натуральным числам.

Описанный способ построения знаний утверждается не только в математике. Вслед за нею он распространяется на сферу естественных наук. В естествознании он известен как метод выдвижения гипотетических моделей с их последующим обоснованием опытом.

Благодаря новому методу построения знаний наука получает возможность изучить не только те предметные связи, которые могут встретиться в сложившихся стереотипах практики, но и проанализировать изменения объектов, которые в принципе могла бы освоить развивающаяся цивилизация. С этого момента кончается этап преднауки и начинается наука в собственном смысле. В ней наряду с эмпирическими правилами и зависимостями (которые знала и преднаука) формируется особый тип знания — теория, позволяющая получить эмпирические зависимости как следствие из теоретических постулатов. Меняется и категориальный статус знаний — они могут соотноситься уже не только с осуществленным опытом, но и с качественно иной практикой будущего, а поэтому строятся в категориях возможного и необходимого. Знания уже не формулируются только как предписания для наличной практики, они выступают как знания об объектах реальности “самой по себе”, и на их основе вырабатывается рецептура будущего практического изменения объектов.

Поскольку научное познание начинает ориентироваться на поиск предметных структур, которые не могут быть выявлены в обыденной практике и производственной деятельности, оно уже не может развиваться, опираясь только на эти формы практики. Возникает потребность в особой форме практики, которая обслуживает развивающееся естествознание. Такой формой практики становится научный эксперимент.

Поскольку демаркация между преднаукой и наукой связана с новым способом порождения знаний, проблема генезиса науки предстает как проблема предпосылок собственно научного способа исследования. Эти предпосылки складываются в культуре в виде определенных установок мышления, позволяющих возникнуть

научному методу. Их формирование является результатом длительного развития цивилизации.

Культуры традиционных обществ (Древнего Китая, Индии, Древнего Египта и Вавилона) не создавали таких предпосылок. Хотя в них возникло множество конкретных видов научного знания и рецептов решения задач, все эти знания и рецептуры не выходили за рамки преднауки.

Переход к науке в собственном смысле слова был связан с двумя переломными состояниями развития культуры и цивилизации. Во-первых, с изменениями в культуре античного мира, которые обеспечили применение научного метода в математике и вывели ее на уровень теоретического исследования, во-вторых, с изменениями в европейской культуре, произошедшими в эпоху Возрождения и перехода к Новому времени, когда собственно научный способ мышления стал достоянием естествознания (главным процессом здесь принято считать становление эксперимента как метода изучения природы, соединение математического метода с экспериментом и формирование теоретического естествознания).

Нетрудно увидеть, что речь идет о тех мутациях в культуре, которые обеспечивали в конечном итоге становление техногенной цивилизации. Развитая наука утвердилась именно в этой линии цивилизационного развития, но исторический путь к ней не был простым и прямолинейным. Отдельные предпосылки и пробы развертывания научного метода неоднократно осуществлялись в разных культурах. Некоторые из них сразу попадали в поток культурной трансляции, другие же как бы отодвигались на периферию, а затем вновь получали второе дыхание, как это случилось, например, с многими идеями античности, воссозданными в эпоху Ренессанса.

Для перехода к собственно научной стадии необходим был особый способ мышления (видения мира), который допускал бы взгляд на существующие ситуации бытия, включая ситуации социального общения и деятельности, как на одно из возможных проявлений сущности (законов) мира, которая способна реализоваться в различных формах, в том числе весьма отличных от уже осуществившихся.

Такой способ мышления не мог утвердиться, например, в культуре кастовых и деспотических обществ Востока эпохи первых городских цивилизаций (где начиналась преднаука). Доминирование в культурах этих обществ канонизированных стилей мышления и традиций, ориентированных прежде всего на воспроизведение существующих форм и способов деятельности, накладывало серьезные ограничения на прогностические возможности познания, мешая ему выйти за рамки сложившихся стереотипов социального опыта. Полученные здесь знания о закономерных связях мира, как правило, сращивались с представлениями об их прошлой (традиция), либо сегодняшней практической реализации. Зачатки научных знаний вырабатывались и излагались в восточных культурах главным образом как предписания для практики и не обрели еще статуса знаний о естественных процессах, развертывающихся в соответствии с объективными законами^[13].

Духовная революция Античности

Для того чтобы осуществился переход к собственно научному способу порождения знаний, с его интенцией на изучение необычных, с точки зрения обыденного опыта, предметных связей, необходим был иной тип цивилизации с иным типом культуры. Такого рода цивилизацией, создавшей предпосылки для первого шага по пути к собственно науке, была демократия античной Греции. Именно здесь происходит мутация традиционных культур и здесь социальная жизнь наполняется динамизмом, которого не знали земледельческие цивилизации Востока с их застойно-патриархальным круговоротом жизни. Хозяйственная и политическая жизнь античного полиса была пронизана духом состязательности^[14], все

конкурировали между собой, проявляя активность и инициативу, что неизбежно стимулировало инновации в различных сферах деятельности.

Нормы поведения и деятельности, определившие облик социальной действительности, вырабатывались в столкновении интересов различных социальных групп и утверждались во многом через борьбу мнений равноправных свободных индивидов на народном собрании. Социальный климат полиса снимал с нормативов деятельности ореол нерушимого сверхчеловеческого установления и формировал отношение к ним как к изобретению людей, которое подлежит обсуждению и улучшению по мере необходимости^[15]. На этой основе складывались представления о множестве форм действительности, о возможности других, более совершенных форм по сравнению с уже реализовавшимися. Это видение можно обозначить как идею “вариабельного бытия”, которая получила свое рациональное оформление и развитие в античной философии. Оно стимулировало разработку целого спектра философских систем, конкурирующих между собой, вводящих различные концепции мироздания и различные идеалы социального устройства.

Развертывая модели “возможных миров”, античная философия, пожалуй, в наибольшей степени реализовала в эту эпоху эвристическую функцию философского познания, что и послужило необходимой предпосылкой становления науки в собственном смысле слова.

Именно в философии впервые были продемонстрированы образцы теоретического рассуждения, способные открывать связи и отношения вещей, выходящие за рамки обыденного опыта и связанных с ним стереотипов и архетипов обыденного сознания. Так, при обсуждении проблемы части и целого, единого и множественного античная философия подходит к ней теоретически, рассматривая все возможные варианты ее решения: мир бесконечно делим (Анаксагор), мир делится на части до определенного предела (атомистика Демокрита и Эпикура) и, наконец, совершенно невероятное с точки зрения здравого смысла решение — мир вообще неделим (бытие едино и неделимо — элеаты).

Обоснование элеатами (Парменид, Зенон) этой необычной идеи поставило ряд проблем, касающихся свойств пространства, времени и движения. Из принципа неделимости бытия следовала невозможность движения тел, так как тело — это часть (фрагмент) мира, а его движение представляет собой изменение его положения (места) в пространстве в различные моменты времени. Движение тел невозможно, если неделим мир, неделимо пространство и время. Но это противоречило наблюдаемым фактам движения тел.

На эти возражения известный древнегреческий философ Зенон ответил рядом контраргументов, получивших название апорий Зенона. В них доказывалось, что с позиций теоретического разума представление о движении тел приводит к парадоксам. Например, апория “Стрела” демонстрировала следующий парадокс: в каждый отдельный момент времени летящая стрела может быть рассмотрена как покоящаяся в некоторой точке пространства. Но сумма покоев не дает движения, а значит летящая стрела покоится. В других апориях Зенон выявляет парадоксы, связанные с представлениями о бесконечной делимости пространства. Например, в апории “Ахиллес” утверждалось, что самый быстрый бегун Ахиллес не догонит черепаху, так как сначала ему нужно пробежать половину дистанции между ним и черепахой, а она за это время отползет на некоторое расстояние, затем Ахиллесу придется преодолевать половину новой дистанции и вновь черепаха отползет на определенное расстояние, и так до бесконечности.

Самое интересное, что в этих, на первый взгляд, весьма экзотических рассуждениях были поставлены проблемы, к которым потом, на протяжении более двух тысячелетий не раз возвращалась философская и научная мысль. В преддверии возникновения механики мыслители позднего Средневековья обсуждали вопрос,

можно ли говорить о движении тела в точке пространства? Если движение характеризуется скоростью, а скорость — это путь, деленный на время, то в точке не может быть скорости, поскольку точка — это нулевое расстояние, а ноль, деленный на t , дает ноль. Значит движущееся тело в точке покоится.

После возникновения механики Галилея в процессе поисков обобщающей теории механических движений (завершившихся механикой Ньютона) пришлось вновь решать эту проблему в связи с обоснованием понятия мгновенной скорости. Поставленная философией проблема трансформировалась в конкретно-научную. Ее решение было получено благодаря развитию в математике теории пределов и методов дифференциального и интегрального исчисления, примененных в физике.

Показательно также, что впервые сформулированные Зеноном парадоксы бесконечной делимости пространства были осмыслены позднее как проблема сопоставления бесконечных множеств. В апории “Ахиллес” (и других апориях) по существу было выявлено, что любой путь (отрезок), если его рассмотреть как бесконечно делимый, предстает как бесконечное множество точек, а любая часть этого пути также является бесконечным множеством точек и с этих позиций может быть приравнена к целому. Как справедливо отмечал историк науки А.Койре, эта проблема почти через два с половиной тысячелетия стала одной из фундаментальных в математике. Над ней размышляли великие математики Бернанд Больцано и Георг Кантор, и она в значительной степени стимулировала современную разработку теории множеств.

Конечно, во времена элеатов все эти эвристические возможности философского познания, открывающего проблемы науки будущего, не были известны. Но важно то, что в философии этого времени возникали образцы теоретического рассуждения, которые ориентировались не столько на очевидности чувственного опыта, сколько на сущее, данное разуму. И здесь предпочтение отдавалось как раз теоретическому размышлению, которое способно выходить за рамки здравого смысла своего времени, стереотипов, выработанных в системе ограниченной повседневной практики.

В традиционных обществах Востока такого рода теоретические функции философии реализовались в урезанном виде. Генерация нестандартных представлений о мире в философских системах Индии и Китая осуществлялась спорадически, совпадая с периодами крупных социальных катаклизмов (например, период “сражающихся царств” в Древнем Китае). Но в целом философия тяготела к идеологическим конструкциям, обслуживающим традицию. Например, конфуцианство и брахманизм были философскими системами, которые одновременно выступали и как религиозно-идеологические учения, регулирующие поведение и деятельность людей. Что же касается Древнего Египта и Вавилона, в которых был накоплен огромный массив научных знаний и рецептур деятельности, относящихся к этапу преднауки, то в них философское знание в лучшем случае находилось в стадии зарождения. Оно еще не отпочковалось от религиозно-мифологических систем, которые доминировали в культуре этих обществ.

Принципиально иную картину дает социальная жизнь античного полиса. Особенности этой жизни создавали намного более благоприятные условия для реализации теоретических функций философии.

Античная философия продемонстрировала, как можно планомерно разворачивать представление о различных типах объектов (часто необычных с точки зрения наличного опыта) и способах их мысленного освоения. Она дала образцы построения знаний о таких объектах. Это поиск единого основания (первоначал и причин) и выведение из него следствий (необходимое условие теоретической организации знаний). Эти образцы оказали бесспорное влияние на становление теоретического слоя исследований в античной математике.

Идеал обоснованного и доказательного знания складывался в античной философии и науке под воздействием социальной практики полиса. Восточные деспотии, например, не знали этого идеала. Знания вырабатывались здесь кастой управителей, отделенных от остальных членов общества (жрецы и писцы Древнего Египта, древнекитайские чиновники и т.д.), и предписывались в качестве непререкаемой нормы, не подлежащей сомнению. Условием приемлемости знаний, формулируемых в виде предписаний, были авторитет их создателей и наличная практика, построенная в соответствии с предложенными нормативами. Доказательство знаний путем их выведения из некоторого основания было излишним (требование доказанности оправдано только тогда, когда предложенное предписание может быть подвергнуто сомнению и когда может быть выдвинуто конкурирующее предписание).

Ряд знаний в математике Древнего Египта и Вавилона, по-видимому, не мог быть получен вне процедур вывода и доказательства. М.Я.Выгодский считает, что, например, такие сложные рецепты, как алгоритм вычисления объема усеченной пирамиды, были выведены на основе других знаний^[16]. Однако в процессе изложения знаний этот вывод не демонстрировался. Производство и трансляция знаний в культуре Древнего Египта и Вавилона закреплялись за кастой жрецов и чиновников и носили авторитарный характер. Обоснование знания путем демонстрации доказательства не превратилось в восточных культурах в идеал построения и трансляции знаний, что наложило серьезные ограничения на процесс превращения “эмпирической математики” в теоретическую науку.

В противоположность восточным обществам, греческий полис принимал социально значимые решения, пропуская их через фильтр конкурирующих предложений и мнений на народном собрании. Преимущество одного мнения перед другим выявлялось через доказательство, в ходе которого ссылки на авторитет, особое социальное положение индивида, предлагающего предписание для будущей деятельности, не считались серьезной аргументацией. Диалог велся между равноправными гражданами, и единственным критерием была обоснованность предлагаемого норматива. Этот сложившийся в культуре идеал обоснованного мнения был перенесен античной философией и на научные знания. Именно в греческой математике мы встречаем изложение знаний в виде теорем: “дано — требуется доказать — доказательство”. Но в древнеегипетской и вавилонской математике такая форма не была принята, здесь мы находим только нормативные рецепты решения задач, излагаемые по схеме: “Делай так!”... “Смотри, ты сделал правильно!”

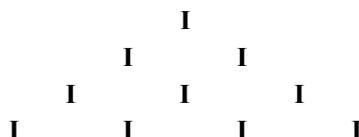
Характерно, что разработка в античной философии методов постижения и развертывания истины (диалектики и логики) протекала как отражение мира сквозь призму социальной практики полиса. Первые шаги к осознанию и развитию диалектики как метода были связаны с анализом столкновения в споре противоположных мнений (типичная ситуация выработки нормативов деятельности на народном собрании). Что же касается логики, то ее разработка в античной философии началась с поиска критериев правильного рассуждения в ораторском искусстве и выработанные здесь нормативы логического следования были затем применены к научному рассуждению.

Применение образцов теоретического рассуждения к накопленным на этапе преднауки знаниям математики постепенно выводили ее на уровень теоретического познания. Уже в истоках развития античной философии были предприняты попытки систематизировать математические знания, полученные в древних цивилизациях, и применить к ним процедуру доказательства. Так, Фалесу, одному из ранних древнегреческих философов, приписывается доказательство теоремы о равенстве углов основания равнобедренного треугольника (в качестве факта это знание было

получено еще в древнеегипетской и вавилонской математике, но оно не доказывалось в качестве теоремы). Ученик Фалеса Анаксимандр составил систематический очерк геометрических знаний, что также способствовало выявлению накопленных рецептов решения задач, которые следовало обосновывать и доказывать в качестве теорем.

Важнейшей вехой на пути создания математики как теоретической науки были работы пифагорейской школы. Ею была создана картина мира, которая хотя и включала мифологические элементы, но по основным своим компонентам была уже философско-рациональным образом мироздания. В основе этой картины лежал принцип: началом всего является число. Пифагорейцы считали числовые отношения ключом к пониманию мироустройства. И это создавало особые предпосылки для возникновения теоретического уровня математики. Задачей становилось изучение чисел и их отношений не просто как моделей тех или иных практических ситуаций, а самих по себе, безотносительно к практическому применению. Ведь познание свойств и отношений чисел теперь представало как познание начал и гармонии космоса. Числа представляли как особые объекты, которые нужно постигать разумом, изучать их свойства и связи, а затем уже, исходя из знаний об этих свойствах и связях, объяснить наблюдаемые явления. Именно эта установка характеризует переход от чисто эмпирического познания количественных отношений (познания, привязанного к наличному опыту) к теоретическому исследованию, которое, оперируя абстракциями и создавая на основе ранее полученных абстракций новые, осуществляет прорыв к новым формам опыта, открывая неизвестные ранее вещи, их свойства и отношения.

В пифагорейской математике, наряду с доказательством ряда теорем, наиболее известной из которых является знаменитая теорема Пифагора, были осуществлены важные шаги к соединению теоретического исследования свойств геометрических фигур со свойствами чисел. Связи между этими двумя областями возникающей математики были двухсторонними. Пифагорейцы стремились не только использовать числовые отношения для характеристики свойств геометрических фигур, но и применять к исследованию совокупностей чисел геометрические образы. Так, число “10”, которое рассматривалось как совершенное число, завершающее десятки натурального ряда, соотносилось с треугольником, основной фигурой, к которой при доказательстве теорем стремились свести другие геометрические фигуры. Соотношение числа “10” и равностороннего треугольника изображались следующей схемой:



Здесь первый ряд соответствует “1”, второй — “2”, третий — числу “3”, четвертый — числу “4”, а сумма их дает число “10” ($1+2+3+4=10$).

Нужно сказать, что связь геометрии и теории чисел обусловила постановку перспективных проблем, которые стимулировали развитие математики и привели к ряду важных открытий. Так, уже в античной математике при решении задачи числового выражения отношения гипотенузы к катетам были открыты иррациональные числа. Исследование “фигурных чисел”, продолжающее пифагорейскую традицию, также получило развитие в последующей истории математики.

Разработка теоретических знаний математики проводилась в античную эпоху в тесной связи с философией и в рамках философских систем. Практически все крупные философы античности — Демокрит, Платон, Аристотель и др. — уделяли

огромное внимание математическим проблемам. Они придали идеям пифагорейцев, отягощенным многими мистико-мифологическими наслоениями, более строгую рациональную форму. И Платон, и Аристотель, хотя и в разных версиях, отстаивали идею, что мир построен на математических принципах, что в основе мироздания лежит математический план. Эти представления стимулировали как развитие собственно математики, так и ее применение в различных областях изучения окружающего мира. В античную эпоху уже была сформулирована идея о том, что язык математики должен служить пониманию и описанию мира. Как подчеркивал Платон, “Демийург (Бог) постоянно геометризует”, т.е. геометрические образцы выступают основой для постижения космоса. Развитие теоретических знаний математики в античной культуре достойно завершилось созданием первого образца научной теории — евклидовой геометрии. В принципе ее построение, объединившее в целостную систему отдельные блоки геометрических задач, решаемых в форме доказательства теорем, знаменовало формирование математики в особую, самостоятельную науку.

Вместе с тем в античности были получены многочисленные приложения математических знаний к описаниям природных объектов и процессов. Прежде всего это касается астрономии, где были осуществлены вычисления положения планет, предсказания солнечных и лунных затмений, предприняты смелые попытки оценить размеры Земли, Луны, Солнца и расстояний между ними (Аристарх Самосский, Эратосфен, Птолемей). В античной астрономии были созданы две конкурирующие концепции строения мира: гелиоцентрические представления Аристарха Самосского (предвосхитившие последующие открытия Коперника) и геоцентрическая система Гиппарха и Птолемея. И если идея Аристарха Самосского, предполагавшая круговые движения планет по орбитам вокруг Солнца, столкнулась с трудностями при объяснении наблюдаемых перемещений планет на небесном своде, то система Птолемея, с ее представлениями об эпициклах, давала весьма точные математические предсказания наблюдаемых положений планет Луны и Солнца. Основная книга Птолемея “Математическое построение” была переведена на арабский язык под названием “Аль-магисте” (великое), и затем вернулась в Европу как “Альмагест”, став господствующим трактатом средневековой астрономии на протяжении четырнадцати веков.

В античную эпоху были сделаны также важные шаги в применении математики к описанию физических процессов. Особенно характерны в этом отношении работы великих эллинических ученых так называемого александрийского периода (около 300—600 гг. н.э.) — Архимеда, Евклида, Герона, Паппа, Птолемея и др. В этот период возникают первые теоретические знания механики, среди которых в первую очередь следует выделить разработку Архимедом начал статики и гидростатики (развита им теория центра тяжести, теория рычага, открытие основного закона гидростатики и разработка проблем устойчивости и равновесия плавающих тел и т.д.). В александрийской науке был сформулирован и решен ряд задач, связанных с применением геометрической статики к равновесию и движению грузов к наклонной плоскости (Герон, Папп); были доказаны теоремы об объемах тел вращения (Папп), открыты основные законы геометрической оптики — закон прямолинейного распространения света, закон отражения (Евклид, Архимед).

Все эти знания можно расценить как первые теоретические модели и законы механики, полученные с применением математического доказательства. В александрийской науке уже встречаются изложения знаний, не привязанные жестко к натурфилософским схемам и претендующие на самостоятельную значимость.

До рождения теоретического естествознания как особой, самостоятельной и самоценной области человеческого познания и деятельности оставался один шаг. Оставалось соединить математическое описание и систематическое выдвижение тех

или иных теоретических предположений с экспериментальным исследованием природы. Но именно этого последнего шага античная наука сделать не смогла.

Она не смогла развить теоретического естествознания и его технологических применений. Причину этому большинство исследователей видят в рабовладении — использовании рабов в функции орудий при решении тех или иных технических задач. Дешевый труд рабов не создавал необходимых стимулов для развития солидной техники и технологии, а следовательно, и обслуживающих ее естественнонаучных и инженерных знаний^[17].

Действительно, отношение к физическому труду как к низшему сорту деятельности и усиливающееся по мере развития классового расслоения общества отделение умственного труда от физического порождают в античных обществах своеобразный разрыв между абстрактно-теоретическими исследованиями и практически-утилитарными формами применения научных знаний. Известно, например, что Архимед, прославившийся не только своими математическими работами, но и приложением их результатов в технике, считал эмпирические и инженерные знания “делом низким и неблагородным” и лишь под давлением обстоятельств (осада Сиракуз римлянами) вынужден был заниматься совершенствованием военной техники и оборонительных сооружений. Архимед не упоминал в своих сочинениях о возможных технических приложениях своих теоретических исследований, хотя и занимался такими приложениями. По этому поводу Плутарх писал, что Архимед был человеком “возвышенного образа мысли и такой глубины ума и богатства по знанию”, что “считая сооружение машин низким и грубым, все свое рвение обратил на такие занятия, в которых красота и совершенство пребывают не смешанными с потребностью жизни”^[18].

Но не только в этих, в общем-то внешних по отношению к науке, социальных обстоятельствах заключалась причина того, что античная наука не смогла открыть для себя экспериментального метода и использовать его для постижения природы. Описанные социальные предпосылки в конечном счете не прямо и непосредственно определяли облик античной науки, а влияли на нее опосредованно, через мировоззрение, выражавшее глубинные менталитеты античной культуры.

Зарождение опытных наук

Важно зафиксировать, что сама идея экспериментального исследования неявно предполагала наличие в культуре особых представлений о природе, о деятельности и познающем субъекте, представлений, которые не были свойственны античной культуре, но сформировались значительно позднее, в культуре Нового времени. Идея экспериментального исследования полагала субъекта в качестве активного начала, противостоящего природной материи, изменяющего ее вещи путем силового давления на них. Природный объект познается в эксперименте потому, что он поставлен в искусственно созданные условия и только благодаря этому проявляет для субъекта свои невидимые сущностные связи. Недаром в эпоху становления науки Нового времени в европейской культуре бытовало широко распространенное сравнение эксперимента с пыткой природы, посредством которой исследователь должен выведать у природы ее сокровенные тайны.

Природа в этой системе представлений воспринимается как особая композиция качественно различных вещей, которая обладает свойством однородности. Она предстает как поле действия законосообразных связей, в которых как бы растворяются неповторимые индивидуальности вещей.

Все эти понимания природы выражались в культуре Нового времени категорией “натура”. Но у древних греков такого понимания не было. У них универсалия “природа” выражалась в категориях “фюсис” и “космос”. “Фюсис” обозначал особую, качественно отличную специфику каждой вещи и каждой сущности, воплощенной в вещах. Это представление ориентировало человека на постижение

вещи как качества, как оформленной материи, с учетом ее назначения, цели и функции. Космос воспринимался в этой системе мировоззренческих ориентаций как особая самоцельная сущность со своей природой. В нем каждое отдельное “физически сущее” имеет определенное место и назначение, а весь Космос выступает в качестве совершенной завершенности^[19].

Как отмечал А.Ф.Лосев, нескончаемое движение Космоса представлялось античному мыслителю в качестве своеобразного вечного возвращения, движения в определенных пределах, внутри которых постоянно воспроизводится гармония целого, и поэтому подвижный и изменчивый Космос одновременно мыслился как некоторое скульптурное целое, где части, дополняя друг друга, создают завершенную гармонию. Поэтому образ вечного движения и изменения сочетался в представлениях греков с идеей шарообразной формы (космос почти всеми философами уподоблялся шару)^[20]. А.Ф.Лосев отмечал глубинную связь этих особых смыслов универсалии “природа” с самими основаниями полисной жизни, в которой разнообразие и динамика хозяйственной деятельности и политических интересов различных социальных групп и отдельных граждан соединялись в целое гражданским единством свободных жителей города-государства^[21]. В идеале полис представлялся как единство в многообразии, а реальностью такого единства полагался Космос. Природа для древнего грека не была обезличенным неодушевленным веществом, она представлялась живым организмом, в котором отдельные части — вещи — имеют свои назначения и функции. Поэтому античному мыслителю была чужда идея постижения мира путем насильственного препарирования его частей и их изучения в несвободных, несвойственных их естественному бытию обстоятельствах. В его представлениях такой способ исследования мог только нарушить гармонию Космоса, но не в состоянии был обнаружить эту гармонию. Поэтому постижение Космоса, задающего цели всему “физически сущему”, может быть достигнуто только в умозрительном созерцании, которое расценивалось как главный способ поиска истины.

Знание о природе (фюсис) древние греки противопоставляли знанию об искусственном (тэхне). Античности, как и сменившему ее европейскому Средневековью, было свойственно резкое разграничение природного, естественного и технического, искусственного. Механика в античную эпоху не считалась знанием о природе, а относилась только к искусственному, созданному человеческими руками. И если мы расцениваем опыты Архимеда и его механику как знание о законах природы, то в античном мире оно относилось к “тэхне”, искусственному, а экспериментирование не воспринималось как путь познания природы.

Теоретическое естествознание, опирающееся на метод эксперимента, возникло только на этапе становления техногенной цивилизации. Проблематика трансформаций культуры, которые осуществлялись в эту эпоху, активно обсуждается в современной философской и культурологической литературе^[22]. Не претендуя на анализ этих трансформаций во всех аспектах, отметим лишь, что их основой стало новое понимание человека и человеческой деятельности, которое было вызвано процессами великих преобразований в культуре переломных эпох — Ренессанса и перехода к Новому времени. В этот исторический период в культуре складывается отношение к любой деятельности, а не только к интеллектуальному труду, как к ценности и источнику общественного богатства.

Это создает новую систему ценностных ориентаций, которая начинает просматриваться уже в культуре Возрождения. С одной стороны, утверждается, в противовес средневековому мировоззрению, новая система гуманистических идей, связанная с концепцией человека как активно противостоящего природе в качестве мыслящего и деятельного начала. С другой стороны, утверждается интерес к познанию природы, которая рассматривается как поле приложения человеческих

сил. Уже в эпоху Возрождения начинает складываться новое понимание связи между природным, естественным и искусственным, создаваемым в человеческой деятельности. Традиционное христианское учение о сотворении мира Богом получает здесь особое истолкование. По отношению к божественному разуму, который создал мир, природа рассматривается как искусственное. Деятельность же человека истолковывается как своеобразное подобие в малых масштабах актов творения. И основой этой деятельности полагается подражание природе, распознавание в ней разумного начала (законов) и следование осмысленной гармонии природы в человеческих искусствах — науке, художественном творчестве, технических изобретениях. Ценность искусственного и естественного уравниваются, а разумное изменение природы в человеческой деятельности выступает не как нечто противоречащее ей, а как согласующееся с ее естественным устройством. Именно это новое отношение к природе было закреплено в категории “натура”, что послужило предпосылкой для выработки принципиально нового способа познания мира: возникает идея о возможности ставить природе теоретические вопросы и получать на них ответы путем активного преобразования природных объектов.

Новые смыслы категории “природа” были связаны с формированием новых смыслов категорий “пространство” и “время”, что также было необходимо для становления метода эксперимента. Средневековые представления о пространстве как качественной системе мест и о времени как последовательности качественно отличных друг от друга временных моментов, наполненных скрытым символическим смыслом, были препятствием на этом пути.

Как известно, физический эксперимент предполагает его принципиальную воспроизводимость в разных точках пространства и в разные моменты времени. Понятно, что физические эксперименты, поставленные в Москве, могут быть повторены в Лондоне, Нью-Йорке и в любой другой точке пространства. Если бы такой воспроизводимости не существовало, то и физика как наука была бы невозможна. Это же касается и воспроизводимости экспериментов во времени. Если бы эксперимент, осуществленный в какой-либо момент времени, нельзя было бы принципиально повторить в другой момент времени, никакой опытной науки не существовало бы.

Но что означает это, казалось бы, очевидное требование воспроизводимости эксперимента? Оно означает, что все временные и пространственные точки должны быть одинаковы в физическом смысле, т.е. в них законы природы должны действовать одинаковым образом. Иначе говоря, пространство и время здесь полагаются однородными.

Однако в средневековой культуре человек вовсе не мыслил пространство и время как однородные, а полагал, что различные пространственные места и различные моменты времени обладают разной природой, имеют разный смысл и значение.

Такое понимание пронизывало все сферы средневековой культуры — обыденное мышление, художественное восприятие мира, религиозно-теологические и философские концепции, средневековую физику и космологию и т.п. Оно было естественным выражением системы социальных отношений людей данной эпохи, образа их жизнедеятельности[23].

В частности, в науке этой эпохи оно нашла свое выражение в представлениях о качественном различии пространства земного и небесного. В мировоззренческих смыслах средневековой культуры небесное всегда отождествлялось со “святым” и “духовным”, а земное — с “телесным” и “греховным”. Считалось, что движения небесных и земных тел имеют принципиальное различие, поскольку эти тела принадлежат к принципиально разным пространственным сферам.

Радикальная трансформация всех этих представлений началась уже в эпоху Возрождения. Она была обусловлена многими социальными факторами, в том числе влиянием на общественное сознание великих географических открытий, усиливающейся миграцией населения в эпоху первоначального накопления, когда разорившиеся крестьяне сгонялись с земли, разрушением традиционных корпоративных связей и размыванием средневекового уклада жизни, основанного на жесткой социальной иерархии.

Показательно, что новые представления о пространстве возникали и развивались в эпоху Возрождения в самых разных областях культуры: в философии (концепция бесконечности пространства Вселенной у Д. Бруно), в науке (система Коперника, которая рассматривала Землю как планету, вращающуюся вокруг Солнца, и тем самым уже стирала резкую грань между земной и небесной сферами), в области изобразительных искусств, где возникает концепция живописи как “окна в мир” и где доминирующей формой пространственной организации изображаемого становится линейная перспектива однородного евклидова пространства.

Все эти представления, сформировавшиеся в культуре Ренессанса, утверждали идею однородности пространства и времени, и тем самым создавали предпосылки для утверждения метода эксперимента и соединения теоретического (математического) описания природы с ее экспериментальным изучением.

Они во многом подготовили переворот в науке, осуществленный в эпоху Галилея и Ньютона и завершившийся созданием механики как первой естественнонаучной теории.

Показательно, что одной из фундаментальных идей, приведших к ее построению, была сформулированная Галилеем эвристическая программа — исследовать закономерности движения природных объектов, в том числе и небесных тел, анализируя поведение механических устройств (в частности, орудий Венецианского арсенала).

В свое время Нильс Бор высказал мысль, что новая теория, которая вносит переворот в прежнюю систему представлений о мире, чаще всего начинается с “сумасшедшей идеи”. В отношении Галилеевой программы это вполне подошло бы. Ведь для многих современников это была действительно сумасшедшая идея — изучить законы движения, которым подчиняются небесные тела, путем экспериментов с механическими орудиями Венецианского арсенала. Но истоки этой идеи лежали в предыдущем культурном перевороте, когда были преодолены прежние представления о неоднородном пространстве мироздания, санкционировавшие противопоставление небесной и земной сфер.

Кстати, продуктивность Галилеевой программы была продемонстрирована в последующий период развития механики. Традиция, идущая от Галилея и Гюйгенса к Гуку и Ньютону, была связана с попытками моделировать в мысленных экспериментах с механическими устройствами силы взаимодействия между небесными телами. Например, Гук рассматривал вращение планет по аналогии с вращением тела, закрепленного на нити, а также тела, привязанного к вращающемуся колесу. Ньютон использовал аналогию между вращением Луны вокруг Земли и движением шара внутри поллой сферы.

Характерно, что именно на этом пути был открыт закон всемирного тяготения. К формулировке Ньютоном этого закона привело сопоставление законов Кеплера и получаемых в мысленном эксперименте над аналоговой механической моделью математических выражений, характеризующих движение шара под действием центробежных сил^[24].

Теоретическое естествознание, возникшее в эту историческую эпоху, предстало в качестве второй (после становления математики) важнейшей вехи формирования науки в собственном смысле этого слова.

В качестве последующих исторически значимых этапов, определивших ее развитие и функции в культуре, можно выделить становление *технических* и *социально-гуманитарных наук*. Их становление в качестве особых подсистем опытной науки (наряду с естествознанием) также имело социокультурные предпосылки. Оно происходило в эпоху вступления техногенной цивилизации в стадию индустриализма, и знаменовало обретение наукой новых функций — быть производительной и социальной силой.

К концу XVIII — началу XIX столетий наука окончательно становится бесспорной ценностью цивилизации. Она все активнее участвует в формировании мировоззрения, претендуя на достижение объективно истинного знания о мире, и вместе с тем все отчетливее обнаруживает прагматическую ценность, возможность постоянного и систематического внедрения в производство своих результатов, которые реализуются в виде новой техники и технологии. Примеры использования научных знаний в практике можно обнаружить и в предшествующие исторические периоды, что давало импульсы к осмыслению практической значимости науки (вспомним известное изречение Бэкона “знание — сила”). И все же использование результатов науки в производстве в доиндустриальные эпохи носило скорее эпизодический, чем систематический характер.

В конце XVIII — первой половине XIX вв. ситуация радикально меняется. К. Маркс справедливо отмечал, что “научный фактор впервые сознательно и широко развивается, применяется и вызывается в таких масштабах, о которых предшествующие эпохи не имели никакого понятия”[25]. Индустриальное развитие поставило достаточно сложную и многоплановую проблему: не просто спорадически использовать отдельные результаты научных исследований в практике, но обеспечить научную основу технологических инноваций, систематически включая их в систему производства.

Именно в этот исторический период начинается процесс интенсивного взаимодействия науки и техники и возникает особый тип социального развития, который принято именовать научно-техническим прогрессом. Потребности практики все отчетливее обозначали тенденции к постепенному превращению науки в непосредственную производительную силу. Внедрение научных результатов в производство в расширяющихся масштабах становилось основной характеристикой социальной динамики, а идея социального прогресса все отчетливее связывалась с эффективным технологическим применением науки.

Важную роль в развитии науки, в частности в формировании новых отраслей знания, сыграло развитие крупной машинной индустрии, пришедшей на смену мануфактурному производству. Не случайно в тех странах, где капитализм приобретал более развитые формы, наука получала преимущества в развитии. Внедрение ее результатов в производство все чаще рассматривалось как условие получения прибыли производителями, как свидетельство силы и престижа государства. Ценность науки, ее практическая полезность, связанная с извлечением дивидендов, отчетливо начинала осознаваться теми, кто вкладывал средства в проведение исследований.

Расширяющееся применение научных знаний в производстве сформировало общественную потребность в появлении особого слоя исследований, который бы систематически обеспечивал приложение фундаментальных естественнонаучных теорий к области техники и технологии. Как выражение этой потребности между естественнонаучными дисциплинами и производством возникает своеобразный посредник — научно-теоретические исследования технических наук[26].

Их становление в культуре было обусловлено по меньшей мере двумя группами факторов. С одной стороны, они утверждались на базе экспериментальной науки, когда для формирования технической теории оказывалось необходимым наличие

своей “базовой” естественнонаучной теории (во временном отношении это был период XVIII—XIX вв.). С другой стороны, потребность в научно-теоретическом техническом знании была инициирована практической необходимостью, когда при решении конкретных задач инженеры уже не могли опираться только на приобретенный опыт, а нуждались в научно-теоретическом обосновании создания искусственных объектов, которое невозможно осуществить, не имея соответствующей технической теории, разрабатываемой в рамках технических наук[27].

Технические науки не являются простым продолжением естествознания, прикладными исследованиями, реализующими концептуальные разработки фундаментальных естественных наук. В развитой системе технических наук имеется свой слой как фундаментальных, так и прикладных знаний, и эта система имеет специфический предмет исследования. Таким предметом выступает техника и технология как особая сфера искусственного, создаваемого человеком и существующего только благодаря его деятельности.

С точки зрения современных представлений об эволюции Вселенной, возникновение человека и общества открывает особую линию эволюции, в которой формируются объекты и процессы чрезвычайно маловероятные для природы, практически не могущие в ней возникнуть без целенаправленной человеческой активности. Природа не создает ни колеса, ни двигателя внутреннего сгорания, ни ЭВМ на кристаллах—все это продукты человеческой деятельности. Вместе с тем, все созданные человеком предметы и процессы возможны только тогда, когда порождающая их деятельность соответствует законам природы.

Идея законов природы выступает тем основанием, которое, сохраняя представление о специфике естественного и искусственного, связывает их между собой. Сама же эта идея исторически сформировалась в качестве базисного мировоззренческого постулата и ценности в эпоху становления техногенной цивилизации. Она выражала новое понимание природы и места человека в мире, отличное от представлений, свойственных большинству традиционных культур. Неразрывно связанное с этой мировоззренческой идеей представление об относительности разделения искусственного и естественного было одной из предпосылок не только становления естествознания, но и последующего формирования технических наук.

Первые образцы научных технических знаний, связанных с применением открытых естествознанием законов при создании новых технологий и технических устройств, возникли уже на ранних стадиях развития естественных наук. Классическим примером может служить конструирование Х.Гюйгенсом механических часов. Х.Гюйгенс опирается на открытые Галилеем законы падения тел, создает теорию колебания маятника, а затем воплощает эту теорию в созданном техническом устройстве[28]. Причем между теоретическими знаниями механики (законом падения тел и закон колебания идеального маятника), с одной стороны, и реальной конструкцией маятниковых часов, с другой, Гюйгенс создает особый слой теоретического знания, в котором знания механики трансформируются с учетом технических требований создаваемой конструкции. Этот слой знания (разработанная Гюйгенсом теория изохронного качания маятника как падения по циклоиде, обращенной вершиной вниз) можно интерпретировать в качестве одного из первых образцов локальной технической теории. Что же касается систематической разработки технических теорий, то она началась позднее, в эпоху становления и развития индустриального машинного производства. Его потребности, связанные с тиражированием и модификацией различных технических устройств, конструированием их новых видов и типов стимулировали формирование и превращение инженерной деятельности в особую профессию,

обслуживающую производство. В отличие от технического творчества в рамках ремесленного труда, эта деятельность ориентировала на систематическое применение научных знаний при решении технических задач. Развитие инженерной деятельности в XIX и XX вв. привело к дифференциации ее функций, выделению в относительно самостоятельные специализации проектирования, конструирования и обслуживания технических устройств и технологических процессов. С развитием инженерной деятельности усложнялось научное техническое знание. В нем сформировались эмпирический и теоретический уровни; наряду с прикладными техническими теориями возникли фундаментальные. Их становление было стимулировано не только прогрессом естествознания, но, прежде всего, потребностями инженерной практики. Характерным примером в этом отношении может служить формирование теории машин и механизмов. Первые шаги к ее созданию были сделаны еще в эпоху первой промышленной революции и были связаны с задачами конструирования относительно сложных машин (подъемных, паровых, ткацких, прядильных и т.д.). Их разработка основывалась на использовании в качестве базисных компонентов так называемых “простых машин” (блок, ворот, винт, рычаг и т.п.), исследование которых было важным исходным материалом открытия законов механики (программа Галилея). Но в процессе конструирования выяснялось, что работа большинства сложных машин предполагает преобразование движения с изменением его характера, направления и скорости. Поэтому главная проблема состояла не столько в выделении “простых машин” в качестве компонентов сложных, сколько в разработке теоретических схем их состыковки и преобразования присущих им типов движения[29]. Потребности решения этой проблемы постепенно привели к созданию вначале отдельных теоретических моделей, а затем и фундаментальной теории машин и механизмов. Разработка последней была завершена в первой половине XX в. (В.А.Ассур, В.В.Добровольский, И.И.Артоболовский)[30]. Характерной ее особенностью стало не только создание методов расчета существующих типов машин и механизмов, но и предсказание принципиально новых типов, еще не применявшихся в практике (подобно тому, как периодическая система элементов, созданная Д.И.Менделеевым, предсказала существование еще не открытых химических элементов, фундаментальная теория машин и механизмов предсказывала принципиально новые семейства механических устройств, до ее создания неизвестных практическому конструированию).

Возникая на стыке естествознания и производства, технические науки все яснее обозначали свои специфические черты, отличающие их от естественнонаучного знания. Они обретали свое предметное поле, формировали собственные средства и методы исследования, свою особую картину исследуемой реальности, т.е. все то, что позволяет говорить о становлении определенной научной дисциплины.

Сформировавшись, технические науки заняли прочное место в системе развивающегося научного знания, а технико-технологические инновации в производстве все в большей мере стали основываться на применении результатов научно-технических исследований. И если раньше наука, как отмечал Дж. Бернал, мало что давала промышленности, то с утверждением технических наук ситуация изменилась. Они не только стали обеспечивать потребности развивающейся техники, но и опережать ее развитие, формируя схемы возможных будущих технологий и технических систем.

Технические науки, вместе с техническим проектированием, начиная с середины XIX столетия стали выступать связующим звеном между естественнонаучными дисциплинами, с одной стороны, и производственными технологиями - с другой.

Эпоха индустриализма создала предпосылки не только для возникновения технических дисциплин в качестве особой области научного знания. В этот же

исторический период начинает складываться система социально-гуманитарных наук. Как и другие науки, они имели свои истоки еще в древности, в накапливаемых знаниях о человеке, различных способах социального поведения, условиях воспроизводства тех или иных социальных общностей. Но в строгом смысле слова социальные и гуманитарные науки конституировались в XIX столетии, когда в культуре техногенной цивилизации отчетливо оформилось отношение к различным человеческим качествам и к социальным феноменам как к объектам управления и преобразования. Отношение к любым исследуемым явлениям и процессам как к объектам является одним из обязательных условий научного способа познания, в том числе и социально-гуманитарного. Поэтому его предпосылками было формирование практик и типов дискурса, в которых человек, его качества, его деятельность и социальные связи, предстают в качестве особых объектов целерационального действия. Именно в эпоху индустриализма объектно-предметное отношение к человеку и человеческим общностям становится доминирующим в техногенной культуре. В это время окончательно оформляется приоритетный статус “отношений вещной зависимости”, которые подчиняют себе и ограничивают сферу “отношений личной зависимости”, выступавших основой организации социальной жизни в традиционных обществах. Главным фактором такой смены социально-культурных приоритетов стало всеохватывающее развитие товарно-денежных отношений, когда капиталистический рынок превращал различные человеческие качества в товары, имеющие денежный эквивалент. К.Маркс одним из первых проанализировал процессы и социальные последствия опредмечивания человеческих качеств в системе отношений развитого капиталистического хозяйства. Он интерпретировал эти процессы как отчуждение, порождающее неподвластные человеку социальные силы и превращающее людей в объекты социального манипулирования. Сходные мысли позднее развивал Г.Зиммель. Отталкиваясь от идей Маркса, он разработал свою философскую концепцию денег, в которой главное внимание уделялось социально-психологическим аспектам денежных отношений, их влиянию на духовную жизнь людей. Деньги рассматривались Зиммелем не только как феномен экономической жизни общества, но как универсальный способ обмена, определяющий характер отношений и общения в самых различных областях человеческой жизнедеятельности. Зиммелем была высказана мысль о знаково-символической роли денег и их функционировании как особого культурного феномена, опосредующего отношения людей[31].

Комментируя книгу Зиммеля “Философия денег”, современный французский психолог Серж Московичи писал: “Зиммель не открыл деньги. Тем не менее он первым охватил во всей полноте философию культуры, рожденной ими, и первым сформулировал целостную теорию их власти”[32]. Эта власть проявлялась в самых различных сферах человеческого бытия. Она фиксировала дистанцию между предметом и потребляющим его человеком. Именно благодаря деньгам как посреднику, не только материальные предметы, но и духовные сущности, идеи и ценности “становятся миром столь же автономным и объективным, как и мир физический[33]. Деньги “раздробляют и стерилизуют, как нечто мешающее им, тот тип человеческих связей, в основе которого лежит смесь чувств и интересов, превращают личные отношения в безличные, при которых человек становится вещью для другого человека”[34].

И еще на одно свойство денег обращает особое внимание Зиммель: на их способность превращать индивидуально неповторимые вещи, состояния, человеческие качества в количественные, калькулируемые объекты.

После работ Маркса и Зиммеля эта идея была развита М.Вебером в рамках его концепции духа капитализма. Вебер особо подчеркивал роль идеала целерационального действия в становлении и функционировании новой

цивилизации, зародившейся в эпоху Ренессанса и Реформации. Этот идеал предполагал особый тип рациональности, основанной на принципах объективности, законодательного регулирования, планирования и расчета. Новая рациональность, включалась в самые различные области человеческой жизнедеятельности, организуя экономику, право, науку, искусство, повседневную жизнь людей.

Отношение к человеку как к предмету рациональной регуляции характеризовало огромное многообразие практик, сложившихся в историческую эпоху становления и развития техногенной цивилизации. В знаменитых исследованиях М.Фуко, посвященных формированию клиники, истории тюрьмы, истории сексуальности достаточно убедительно показано, что во всех этих, на первый взгляд малосвязанных между собой сферах человеческой жизни, реализовался некоторый общий принцип “знания-власти”. Человек выступал здесь как предмет, который нужно исследовать и рационально регулировать. Фуко показывает как это отношение проявлялось в исторически возникающей организации надзора и контроля в тюрьмах, в системе обезличенного наказания от имени закона, в правилах внутреннего распорядка тюрем, больниц, учебных заведений, в самой их архитектуре и планировке внутреннего пространства. К этому же классу феноменов, выступающих в качестве своеобразных культурных символов “знания-власти” Фуко относит: практику медицинского обследования, основанную на осмотре тела, которое предстает как объект открытый для наблюдения; практику тестирования и медицинской документации; публичное обсуждение проблем сексуальности; периодические смотры-экзамены в учебных заведениях, когда власть заставляет человека - объекта публично демонстрировать себя и т.п. Такого рода практики и дискурсы формировали и закрепляли новое отношение к индивиду как к объекту наблюдаемому, описываемому и регулируемому определенными правилами. Соответствующие смыслы укоренялись в мировоззренческих универсалиях культуры, в понимании человека и его социального бытия, создавая предпосылки для возникновения социально-гуманитарных наук. Как подчеркивает Фуко, с того момента, “когда “норма” заняла место “предка”, а мера соответствия норме — место статуса, когда место индивидуальности человека известного заняла индивидуальность человека вычислимого, в этот момент и стало возможным формирование наук о человеке, ибо именно тогда была запущена новая технология власти и новая политическая анатомия тела”[35].

Возникновение социально-гуманитарных наук завершало формирование науки как системы дисциплин, охватывающий все основные сферы мироздания: природу, общество и человеческий дух. Наука обрела привычные для нас черты универсальности, специализации и междисциплинарных связей. Экспансия науки во все новые предметные области, расширяющееся технологическое и социально-регулятивное применение научных знаний, сопровождалось изменением институционального статуса науки. В конце XVIII—первой половине XIX столетия возникает дисциплинарная организация науки с присущими ей особенностями трансляции знаний, их применением и способами воспроизводства субъекта научной деятельности.

Развитие естественнонаучного, технического, а вслед за ними и социально-гуманитарного знания вызвало резкий рост научной информации. Наука конца XVIII - первой половины XIX веков характеризовалась увеличением объема и разнообразия научных знаний, углубляющейся дифференциацией видов исследовательской деятельности и усложнением их взаимосвязей. Все это приводило к изменениям институциональных форм научного познания. Складывалась ситуация, при которой ученому все труднее было овладеть накопленной научной информацией, необходимой для успешных исследований. Если воспользоваться терминологией М.К. Петрова, можно сказать, что для

конкретного человека достаточно отчетливо определились новые пределы “информационной вместимости”, связанные как с физиологическими, так и с ментальными ограничениями человека[36].

Век энциклопедистов постепенно уходил в прошлое. Чтобы профессионально владеть научной информацией, необходимо было ограничить сферы исследования и организовать знания в соответствии с возможностями “информационной вместимости” индивида. Все это с неизбежностью вело к специализации знания. Исследователь постепенно становился специалистом в одной, порой достаточно узкой, области знания, становясь “сторонним наблюдателем” в других сферах исследования и не претендуя на всеобъемлющее знание. Нарастающая специализация способствовала оформлению предметных областей науки, приводила к дифференциации наук, каждая из которых претендовала не на исследование мира в целом и построение некой обобщенной картины мира, а стремилась вычленить свой предмет исследования, отражающий особый фрагмент или аспект реальности.

Фрагментация мира сопровождалась своеобразным расщеплением ранее синкретической деятельности ученого-исследователя на множество различных деятельностей, каждая из которых осуществлялась особым исследователем в соответствии с принципом “информационной вместимости”. То, что раньше осуществлял отдельный мыслитель, теперь предполагает усилия коллективного субъекта познания. Отсюда возникала необходимость в поиске новых форм трансляции знания в культуре, а также новом типе воспроизводства субъекта научной деятельности.

В науке XVII столетия главной формой закрепления и трансляции знаний была книга (манускрипт, фолиант), в которой должны были излагаться основополагающие принципы и начала “природы вещей”. Она выступала базисом обучения, дополняя традиционную систему непосредственных коммуникаций “учитель-ученик”, обеспечивающих передачу знаний и навыков исследовательской работы от учителя его ученикам. Одновременно она выступала и главным средством фиксации новых результатов исследования природы.

Перед ученым XVII столетия стояла весьма сложная задача. Ему недостаточно было получить какой-либо частный результат (решить частную задачу), в его обязанности входило построение целостной картины мироздания, которая должна найти свое выражение в достаточно объемном фолианте. Ученый обязан был не просто ставить отдельные опыты, но заниматься натурфилософией, соотносить свои знания с существующей картиной мира, внося в нее соответствующие изменения. Так работали все выдающиеся мыслители этого времени - Галилей, Ньютон, Лейбниц, Декарт и др.

В то время считалось, что без обращения к фундаментальным основаниям нельзя дать полного объяснения даже частным физическим явлениям. Не случайно Декарт в письме к Мерсенну писал: “Я охотно ответил бы на Ваши вопросы, касающиеся пламени свечи и других подобных вещей, но предвижу, что никогда не смогу достаточно удовлетворительно сделать это до тех пор, пока Вы не ознакомитесь со всеми принципами моей философии”[37].

Однако по мере развития науки и расширения поля исследовательской деятельности все настоятельнее формировалась потребность в такой коммуникации ученых, которая обеспечивала бы их совместное обсуждение не только конечных, но и промежуточных результатов, не только “вечных” проблем, но и конечных и конкретных задач. Как ответ на этот социальный запрос в XVII столетии возникает особая форма закрепления и передачи знаний - переписка между учеными. Письма, которыми они обменивались, как правило, содержали не только сведения бытового характера, но включали в себя и результаты исследования, и описание того пути, которым они были получены. Тем самым письма превращались в научное

сообщение, излагающее результаты отдельных исследований, их обсуждение, аргументацию и контраргументацию. Систематическая переписка велась на латыни, что позволяло сообщать свои результаты, идеи и размышления ученым, живущим в самых разных странах Европы. Так возникает особый тип сообщества, которое избрало письмо в качестве средства научного общения и объединило исследователей Европы в так называемую “Республику ученых” (La Republique des Lettres)[38].

Переписка между учеными выступала не только как форма трансляции знания, но служила еще и основанием выработки новых средств исследования. В частности, полагается, что мысленный эксперимент получил свое закрепление в качестве осмысленного исследовательского приема именно благодаря переписке ученых, когда в процессе описания реального предмета он превращался в идеализированный объект, не совпадающий с действительным предметом[39].

Способы общения между исследователями и формы трансляции знания, возникая в XVII столетии, обеспечивали успешное развитие наук этой исторической эпохи, но по мере накопления объема научной информации потребовалось их изменение.

Уже во второй половине XVII столетия постепенно началось углубление специализации научной деятельности. В различных странах образуются сообщества исследователей-специалистов, часто поддерживаемые общественным мнением и государством. Примером может служить сообщество немецких химиков - одно из первых национальных дисциплинарно ориентированных объединений исследователей, сложившееся в Германии к концу XVIII столетия. Как пишет по этому поводу историк науки К.Хуфбауэр, “в конце XVIII столетия германские химики образовали единое сообщество... Они стали относиться друг к другу как к необходимым коллегам и основным арбитрам во всем, что касается научной истины и личных достижений”[40]. Коммуникации между исследователями осуществляются уже на национальном языке (а не на латыни), и в ней сочетаются как личные коммуникации, так и обмен результатами исследований благодаря публикации отдельных сообщений в журнале “Химические анналы”[41]. Этот журнал сыграл особую роль в объединении немецких химиков, позволив интенсивно вести обсуждения проблем на его страницах, побуждая немецких химиков “рассматривать друг друга в качестве основной аудитории”, все более “ощущая свою солидарность”[42].

Примерно такой же процесс характеризовал формирование сообществ специалистов в других областях разрастающегося массива научного знания.

Ученые уже не ограничивались только перепиской между собой и публикацией книг-фолиантов как основного продукта их научной деятельности. Переписка постепенно утрачивает свой прежний статус одного из основных объединителей исследователей, а “Республика ученых” заменяется множеством национальных дисциплинарно ориентированных сообществ. Внутренняя коммуникация в этих сообществах протекает значительно интенсивнее, чем внешняя.

Место частных писем, выступающих как научное сообщение, занимает статья в научном журнале. Статья приобретает особую значимость: в отличие от книги она является меньшей по объему, в ней не требуется излагать всю систему взглядов, поэтому время появления ее в свет сокращается. Но в ней не просто фиксируется то или иное знание, она становится необходимой формой закрепления и трансляции нового научного результата, определяющего приоритет исследователя. Для того, чтобы новое знание вошло в культуру, необходимо его объективировать, закрепить в тексте, который был бы доступен самым различным исследователям. Статья успешно решает эту задачу. В этом процессе все более широкое применение находят национальные языки. Прежний язык научного общения - латынь - постепенно

уступает место общедоступному национальному языку, который благодаря специальным терминам, особой системе научных понятий трансформируется (модифицируется) в язык научной коммуникации. Он дает возможность все более широкому кругу исследователей ознакомиться с полученными научными результатами и включить их в состав собственных исследований.

В отличие от письма, ориентированного на конкретного человека, зачастую лично знакомого автору, статья была адресована анонимному читателю, что приводило к необходимости более тщательного выбора аргументов для обоснования выдвигаемых положений. Статья не сразу приобрела все эти необходимые характеристики. Лишь к середине XIX столетия (период интенсивного оформления дисциплинарной организации науки) статья обрела те функции, в которых она предстает в современном научном сообществе: с одной стороны, она выступает как форма трансляции знания, предполагая преемственную связь с предшествующим знанием, поскольку ее написание предполагает указание на источники (институт ссылок), с другой, является заявкой на новое знание[43].

Появление статьи как новой формы закрепления и трансляции знаний было неразрывно связано с организацией и выпуском периодических научных журналов. Первоначально они выполняли особую функцию объединения исследователей, стремясь показать, что и кем делается, но затем наряду с обзорами стали публиковать сведения о новом знании, и это постепенно стало их главной функцией[44].

Научные журналы становились своеобразными центрами кристаллизации новых типов научных сообществ, возникающих рядом с традиционными объединениями ученых. В этот исторический период многие ранее возникшие академические учреждения дополняются новыми объединениями, со своими уставами, в которых определялись цели науки. В отличие от “Республики ученых”, где складывались неформальные отношения между учеными, такие сообщества были формально организованы, в них обязательно были предусмотрены еженедельные заседания, наличие уставов, определяющих жизнедеятельность данных учреждений и т.д.

Показательно, что в уставах академий обращалось внимание не только на необходимость теоретических разработок, но и на практическое внедрение результатов научных исследований. Это был существенный аргумент, которым ученые стремились добиться поддержки со стороны правительства[45].

В конце XVIII - первой половине XIX вв. в связи с увеличением объема научной, научно-технической информации, наряду с академическими учреждениями, возникшими еще в XV - начале XVI столетий (Лондонское королевское общество - 1660 г., Парижская академия наук - 1666 г., Берлинская академия наук - 1700 г., Петербургская академия - 1724 г. и др.) начинают складываться различного рода новые ассоциации ученых, такие как “Французская консерватория (хранилище) технических искусств и ремесел” (1795 г.), “Собрание немецких естествоиспытателей” (1822 г.), “Британская ассоциация содействия прогрессу” (1831) и др.

Исследователи, работавшие в различных областях знания, начинают объединяться в научные общества (физическое, химическое, биологическое и т.п.). Новые формы организации науки порождали и новые формы научных коммуникаций. Все чаще в качестве главной формы трансляции знания выступают научные журналы, вокруг которых ученые объединялись по интересам.

Тенденция к специализации служила объективной основой, при которой ученый уже не ставил (или не мог поставить) задачу построения целостной картины мироздания. Все чаще в его обязанности входило решение отдельных задач, “головоломок” (Т.Кун).

Ситуация, связанная с ростом объема научной информации и пределами “информационной вместимости” субъекта, не только существенно трансформировала формы трансляции знания, но и обострила проблему воспроизводства субъекта науки. Возникла необходимость в специальной подготовке ученых, когда на смену “любителям науки, вырастающим из подмастерьев, приходил новый тип ученого как тип университетского профессора”[46].

Не случайно в данный период все более широкое распространение приобретает целенаправленная подготовка научных кадров, когда повсеместно развивается сеть новых научных и учебных учреждений, в том числе и университеты. Первые университеты возникли еще в XII-XIII вв. (Парижский - 1160 г., Оксфордский - 1167 г., Кембриджский - 1209 г., Падуанский - 1222 г., Неапольский - 1224 г. и т.д.) на базе духовных школ и создавались как центры по подготовке духовенства. Длительное время в преподавании главное внимание уделялось проблеме гуманитарного знания. Однако в конце XVIII - начале XIX вв. ситуация меняется. Начинает постепенно осознаваться необходимость в расширении сети учебных предметов. Именно в этот исторический период большинство существующих и возникающих университетов включают в число преподаваемых курсов естественнонаучные и технические дисциплины. Открывались и новые центры подготовки специалистов, такие, как известная политехническая школа в Париже (1795 г.), в которой преподавали Лагранж, Лаплас, Карно, Кариолис и др.

Растущий объем научной информации привел к изменению всей системы обучения. Возникают специализации по отдельным областям научного знания, и образование начинает строиться как преподавание групп отдельных научных дисциплин, обретая ярко выраженные черты дисциплинарно-организованного обучения. В свою очередь это оказало обратное влияние на развитие науки, и в частности на ее дифференциацию и становление конкретных научных дисциплин.

Процесс преподавания требовал не просто знакомства слушателей с совокупностью отдельных сведений о достижениях в естествознании, но систематического изложения и усвоения полученных знаний.

Систематизация по содержательному компоненту и совокупности методов, с помощью которых были получены данные знания, стала рассматриваться как основа определенной научной дисциплины, отличающая одну совокупность знаний (научную дисциплину) от другой[47]. Иначе говоря, систематизация знаний в процессе преподавания выступала как один из факторов формирования конкретных научных дисциплин.

Специальная подготовка научных кадров (воспроизводство субъекта науки) оформляла особую профессию научного работника. Наука постепенно утверждалась в своих правах как прочно установленная профессия, требующая специфического образования, имеющая свою структуру и организацию[48].

Дисциплинарно организованная наука с четырьмя основными блоками научных дисциплин — математикой, естествознанием, техническими и социально-гуманитарными науками — завершила долгий путь формирования науки в собственном смысле слова. В науке сложились внутридисциплинарные и междисциплинарные механизмы порождения знаний, которые обеспечили ее систематические прорывы в новые предметные миры. В свою очередь эти прорывы открывали новые возможности для технико-технологических инноваций в самых различных сферах человеческой жизнедеятельности.

Примечания

- [1] В культурологических исследованиях уже отмечалось, что существует два типа культур: ориентированные на предметно-активистский способ жизнедеятельности и на автокоммуникацию, интроспекцию и созерцание (см., например: *Лотман Ю.М.* О двух моделях коммуникации в системе культуры // Труды по знаковым системам. Тарту, 1973. Вып.6). Культуры техногенных обществ явно тяготеют к первому типу, а культуры традиционных обществ — ко второму.
- [2] *Петров М.К.* Язык, знак, культура. М., 1991. С. 130.
- [3] *Петров М.К.* Указ.соч. С.134—135.
- [4] *Герцен А.И.* Письма об изучении природы. М.,1946. С.84.
- [5] См.: *Лурия А.Р.* Об историческом развитии познавательных процессов. Экспериментально-психологическое исследование. М.,1974. С.106—121.
- [6] См.: *Тувльviste П.* К интерпретации параллелей между онтогенезом и историческим развитием мышления // Труды по знаковым системам. Вып.VIII. Тарту,1977. С.96.
- [7] См. подробнее: *Фролов И.Т., Юдин Б.Г.* Этика науки. Проблемы и дискуссии. М., 1986; *Фролов И.Т.* О человеке и гуманизме. М., 1989.
- [8] Подтверждением тому служит огромный этнографический материал. Бушмены, например, объясняют происхождение огня вследствие трения таким образом: “Если дерево долго тереть, оно потеет, дымится и сердится — вспыхивает”. Подр. см.: *Шахнович М.И.* Первобытная мифология и философия. Л., 1961. С. 31—35.
- [9] *Тимирязев К.А.* Сочинения. Т. VIII. М., 1939. С. 17.
- [10] *Бройль Л де.* По тропам науки. М., 1962. С. 223.
- [11] Факты приведены в статье “Мимикрия в науке”, опубликованной в журнале “Техника и наука” 1983. № 4. С. 31—32.
- [12] Идеальный объект представляет в познании реальные предметы, но не по всем, а лишь по некоторым, жестко фиксированным признакам. Поскольку такая фиксация осуществляется посредством замещения указанных признаков знаками, постольку идеальный объект выступает как смысл соответствующего знака. Идеальный объект представляет собой упрощающий и схематизированный образ реального предмета.
- [13] См.: *Нейгебауэр О.* Точные науки в древности. М., 1968.
- [14] См.: *Зайцев А.И.* Культурный переворот в Древней Греции. М., 1985.
- [15] См.: *Кессиди Ф.Х.* От мифа к логосу. М., 1972, С. 18—20.
- [16] См.: *Выгодский М.Я.* Арифметика и алгебра в Древнем мире. М., 1967. С. 237.
- [17] См.: *Doods E.K.* The Greeks and the irrational. Berkley. 1951; См. также: История античной диалектики. М., 1972. С. 61—63.
- [18] См.: *Плутарх.* Сравнительные жизнеописания. Т. I. М., 1961. С. 393.
- [19] См.: *Ахутин А.В.* Понятие “природа” в античности и в Новое время. М., 1988. С.164.
- [20] См.: *Лосев А.Ф.* Античная философия истории. М., 1977. С. 14—18.
- [21] См.: *Лосев А.Ф.* История античной эстетики. Т. I. (Ранняя классика). М., 1963. С. 21—22.
- [22] Из отечественных исследований отметим работы: *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента. М., 1976; *Библер В.С.* Мышление как творчество. М., 1978; *Гайденко П.П.* Эволюция понятия науки (XVII—XVIII вв.). М., 1987; *Косарева Л.М.* Социокультурный генезис науки Нового времени. М., 1989.
- [23] См. подр.: *Гуревич А.Я.* Категории средневековой культуры. М., 1972. С. 26; см. также: *Степин В.С.* О прогностической природе философского знания // Вопр. философии. 1986. № 4. С. 39—53.

- [24] См.: *Розенфельд Л.* Ньютон и закон тяготения // У истоков классической науки. М., 1968. С. 64—94.
- [25] *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т.47. С.556.
- [26] О становлении технических наук и их месте в культуре см.: *Горохов В.Г.* Методологический анализ научно-технических дисциплин. М., 1984; *Иванов Б.И., Чешев В.В.* Становление и развитие технических наук. Л., 1977; *Чешев В.В.* Техническое знание как объект методологического анализа. Томск, 1981; и др.
- [27] *Иванов Б.И., Чешев В.В.* Становление и развитие технических наук. С. 97, 108, 126.
- [28] Подробнее см.: *Философия техники: история и современность.* М., 1997. С. 128—129
- [29] Подробнее см.: *Горохов В.Г.* Методологический анализ научно-технических дисциплин. М., 1984. С. 46; *Философия техники: история и современность.* М., 1997. С. 132-139; *Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А.* Философия науки и техники. М., 1996. С. 346—347.
- [30] *Горохов В.Г.* Методологический анализ научно-технических дисциплин. М., 1984. С.51—53.
- [31] Позднее, уже во второй половине нашего столетия эту мысль развивал Т. Парсонс, рассматривая деньги как особый код культуры, “специализированный язык”, а обращение денег как “отправление сообщений”. (*Parsons T.* Systems analysis; social systems // *International Encyclopedia of the Social Science.* N.Y., 1968).
- [32] *Московичи С.* Машина, творящая богов. М., 1998. С. 455.
- [33] Там же. С. 398.
- [34] Там же. С. 423.
- [35] Цит. по: *Сокулер З.А.* Методология гуманитарного познания и концепция “власти-знания” Мишеля Фуко // *Философия науки.* Вып. 4. М., 1998. С. 182.
- [36] *Петров М.К.* Язык, знак, культура. С. 73, 92.
- [37] Цит. по: *Философия эпохи ранних буржуазных революций.* М., 1983. С. 303.
- [38] Там же. С. 296.
- [39] Там же. С. 300-301.
- [40] *Hufbauer K.* The formation of the German chemical community (1720—1795). Berkeley, 1982. P. 1.
- [41] Ibid. P. 62.
- [42] Ibid. P. 95.
- [43] *Прайс Д.* Малая наука, большая наука // *Наука о науке.* М., 1966. С. 339—340.
- [44] Там же.
- [45] Там же. С. 337.
- [46] *Бернал Дж.* Наука в истории общества. М., 1956. С. 308.
- [47] *Мирский Э.М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М., 1980. С. 60.
- [48] *Бернал Дж.* Наука в истории общества. С. 9.

Глава II

Структура теоретических знаний

Абстрактные объекты теории и их системная организация

Основным эмпирическим материалом, на который опирается методология при анализе структуры теоретического знания, являются тексты исторически сложившихся научных теорий, причем методология ориентируется в первую очередь на высокоразвитые в теоретическом отношении научные дисциплины, поскольку в них легче проследить особенности строения теории, чем в науках, только вступающих в полосу теоретической обработки фактов. Это обусловлено тем, что в развивающейся системе (в нашем случае — теории) принципы функционирования лучше прослеживаются на высших ступенях ее развития, чем на стадии эмбрионального состояния. Поэтому в методологических исследованиях строение развитых наук принимается за своего рода эталон, с позиций которого рассматриваются все другие системы теоретического знания.

В логико-методологических исследованиях в качестве такого эталона чаще всего использовалась математика. Она и по сей день поставляет важный материал для теоретико-познавательного и методологического анализа. Однако в одном отношении этот материал все-таки создает для методолога определенные неудобства. В “чистой” математике нельзя обнаружить ярко выраженный слой эмпирического знания, в связи с чем трудно установить и специфику строения и функционирования научной теории, связанную с ее отношением к эмпирическому базису. Чтобы исследовать эту сторону теоретических знаний, гносеология и методология обращаются к эмпирическим наукам. В этой связи на первый план выдвигается физика как отрасль естествознания, имеющая все признаки высокоразвитой в теоретическом отношении науки и вместе с тем обладающая отчетливо выраженным эмпирическим базисом.

Исторически сложившиеся знания физики, взятые в качестве исходного материала для методологического исследования, позволяют выявить характерные особенности строения и функционирования теорий в эмпирических науках.

Представления и модели динамики науки, выработанные на этом историческом материале, могут потребовать корректировки при переносе на другие науки. Но развитие познания именно так и происходит: представления, выработанные и апробированные на одном материале, затем переносятся на другую область и видоизменяются, если будет обнаружено их несоответствие новому материалу.

Часто можно встретить утверждение, что представления о развитии знания при анализе естественных наук, нельзя переносить на область социального познания.

Основанием для таких запретов служит проведенное еще в XIX веке различие наук о природе и наук о духе. Но при этом необходимо отдавать себе отчет в том, что познание в социально-гуманитарных науках и науках о природе имеет общие черты именно потому, что это научное познание. Их различие коренится в специфике предметной области. В социально-гуманитарных науках предмет включает в себя человека, его сознание и часто выступает как текст, имеющий человеческий смысл. Фиксация такого предмета и его изучение требуют особых методов и познавательных процедур. Однако при всей сложности предмета социально-гуманитарных наук установка на объективное его изучение и поиск законов является обязательной характеристикой научного подхода. Это обстоятельство не всегда принимается во внимание сторонниками “абсолютной специфики” гуманитарного и социально-исторического знания. Его противопоставление естественным наукам производится подчас некорректно. Гуманитарное знание трактуется предельно расширительно: в него включают философские эссе, публицистику, художественную критику, художественную литературу и т.п. Но корректная постановка проблемы должна быть иной. Она требует четкого различия понятий “социально-

гуманитарное знание” и “научное социально-гуманитарное знание”. Первое включает в себя результаты научного исследования, но не сводится к ним, поскольку предполагает также иные, вненаучные формы творчества. Второе же ограничивается только рамками научного исследования. Разумеется, само это исследование не изолировано от иных сфер культуры, взаимодействует с ними, но это не основание для отождествления науки с иными, хотя и близко соприкасающимися с ней формами человеческого творчества.

Если исходить из сопоставления наук об обществе и человеке, с одной стороны, и наук о природе — с другой, то нужно признать наличие в их познавательных процедурах как общего, так и специфического содержания. Но методологические схемы, развитые в одной области, могут схватывать некоторые общие черты строения и динамики познания в другой области, и тогда методология вполне может развивать свои концепции так, как это делается в любой другой сфере научного познания, в том числе и социально-гуманитарных науках. Она может переносить модели, разработанные в одной сфере познания, на другую и затем корректировать их, адаптируя к специфике нового предмета.

При этом следует учитывать по меньшей мере два обстоятельства. Во-первых, философско-методологический анализ науки независимо от того, ориентирован ли он на естествознание или на социально-гуманитарные науки, сам принадлежит к сфере исторического социального познания. Даже тогда, когда философ и методолог имеет дело со специализированными текстами естествознания, его предмет — это не физические поля, не элементарные частицы, не процессы развития организмов, а научное знание, его динамика, методы исследовательской деятельности, взятые в их историческом развитии. Понятно, что научное знание и его динамика является не природным, а социальным процессом, феноменом человеческой культуры, а поэтому его изучение выступает особым видом наук о духе.

Во-вторых, необходимо учитывать, что жесткая демаркация между науками о природе и науками о духе имела свои основания для науки в XIX столетии, но она во многом утрачивает силу применительно к науке последней трети XX века. Об этом будет сказано более подробно в дальнейшем изложении. Но предварительно зафиксируем, что в естествознании наших дней все большую роль начинают играть исследования сложных развивающихся систем, которые обладают “синергетическими характеристиками” и включают в качестве своего компонента человека и его деятельность. Методология исследования таких объектов сближает естественнонаучное и гуманитарное познание, стирая жесткие границы между ними.

Выбор в качестве исходного материала развитых в теоретическом отношении наук представляет собой лишь первый шаг исследования. Один и тот же материал может быть рассмотрен с различных точек зрения, в результате чего могут быть обнаружены различные аспекты структуры теории. Поэтому необходимо определить исходную позицию анализа научных текстов, установить, какие стороны языка науки будут учитываться в ходе анализа и от каких сторон можно будет абстрагироваться.

В семиотике принято различать три аспекта языка: синтаксический, семантический и прагматический.

Синтаксический аспект предполагает рассмотрение языка только как некоторой совокупности знаков, которые преобразуются по определенным правилам и образуют в своих связях ту или иную языковую систему. При изучении обыденного языка с этой стороны мы сталкиваемся тогда, когда рассматриваем преобразование слов в соответствии с логико-грамматическими правилами языка.

В языке науки синтаксический аспект выступает на первый план при формальных операциях со знаками, например, при оперировании физическими величинами (входящими в математические выражения для физических законов) в соответствии с правилами математики. В процессе таких операций исследователь отвлекается от смысла терминов языка и рассматривает термины только как знаки, образующие в своих связях формулы, из которых выводятся другие формулы по правилам данной языковой системы. Так, интегрируя уравнения движения в механике, физик оперирует с величинами m , F , x , t (“масса”, “сила”, “пространственная координата”, “время”) как математическими объектами. В этих операциях отчетливо представлен синтаксический аспект языка физики.

Семантический аспект языка требует обращения к содержанию языковых выражений. Он предполагает нахождение идеальных объектов и их связей, которые образуют непосредственный смысл терминов и высказываний языка. Кроме того, при семантическом анализе требуется установить, какие стороны внеязыковой реальности репрезентированы посредством указанных идеальных объектов. В физике, например, этот аспект проявляется в отчетливой форме при интерпретации выражений, полученных после серии математических преобразований исходных формул. В этом случае математические символы указанных выражений (функции, числа, векторы ит. д.) рассматриваются как физические величины и выясняется связь последних с реальными свойствами и отношениями объектов материального мира, выделенных из универсума практической деятельностью.

Наконец, прагматический аспект языка предполагает рассмотрение языковых выражений в отношении к практической деятельности и специфике социального общения, характерных для определенной исторической эпохи. Это означает, что идеальные объекты и их корреляции, образующие область смыслов языковых выражений, берутся в их отношении к социокультурной среде, породившей ту или иную “популяцию” научных знаний.

В процессе познавательной деятельности ученого взаимодействуют все три аспекта языка науки. Что же касается текстов, фиксирующих результаты познания, то здесь также выражены все указанные стороны языка. Однако, исходя из поставленной задачи (анализ *содержательной* структуры научных знаний), мы будем рассматривать данные тексты преимущественно в семантическом и прагматическом аспектах, т. е. в высказываниях языка науки будем выявлять типы идеальных объектов, а затем анализировать их внутриязыковые связи и их отношения к практической деятельности.

Среди идеальных объектов, применяемых в научном исследовании, принято выделять по меньшей мере две основные разновидности — эмпирические и теоретические объекты.

Эмпирические объекты представляют собой абстракции, фиксирующие признаки реальных предметов опыта. Они являются определенными схематизациями фрагментов реального мира. Любой признак, “носителем” которого является эмпирический объект, может быть найден у соответствующих ему реальных предметов (но не наоборот, так как эмпирический объект репрезентирует не все, а лишь некоторые признаки реальных предметов, абстрагированные из действительности в соответствии с задачами познания и практики). Эмпирические объекты составляют смысл таких терминов эмпирического языка, как “Земля”, “провод с током”, “расстояние между Землей и Луной” и т. д.

Теоретические объекты, в отличие от эмпирических, являются идеализациями, “логическими реконструкциями действительности”. Они могут быть наделены не

только признаками, которым соответствуют свойства и отношения реальных объектов, но и признаками, которыми не обладает ни один такой объект. Теоретические объекты образуют смысл таких терминов, как “точка”, “идеальный газ”, “абсолютно черное тело” и так далее.

В логико-методологических исследованиях теоретические объекты называют иногда теоретическими конструктами, а также абстрактными объектами.

Высказывания теоретического языка строятся относительно абстрактных объектов, связи и отношения которых образуют непосредственный смысл данных высказываний. Поэтому теоретические высказывания становятся утверждениями о процессах природы лишь в той мере, в какой отношения абстрактных объектов могут быть обоснованы как замещение тех или иных реальных свойств и связей действительности, выявленных в практике. Так, все теоретические высказывания классической механики непосредственно характеризуют связи, свойства и отношения идеализированных конструктов, таких как “материальная точка”, “сила”, “инерциальная пространственно-временная система отсчета” и т. д., которые представляют собой идеализации и не могут существовать в качестве реальных материальных объектов. Последнее наиболее очевидно по отношению к “материальной точке”, которая определяется как тело, лишенное размеров. Но и “сила”, и “пространственно-временная система отсчета” также представляют собой идеализации, для которых в реальном мире можно подыскать только прообразы, но которые нельзя отождествлять с реально существующими предметами.

“Сила” в механике определяется как особое свойство одного тела (или нескольких тел) воздействовать на другое тело и изменять состояние его движения. Это свойство абстрагируется от самих тел и превращается в самостоятельный объект, существующий наряду с телами (материальными точками) и воздействующий на них. Такого рода превращение свойства тел в самостоятельный объект может быть осуществлено только в абстракции.

Наконец, нетрудно убедиться, что инерциальная пространственно-временная система отсчета также представляет собой идеализированный объект, сопоставимый реальным предметам опыта, но не тождественный им. Инерциальная система отсчета может быть отождествлена, например, с реальной физической лабораторией с часами и линейками, но при условии, что такая лаборатория наделена рядом реально несуществующих признаков. Предполагается, что ее можно полностью изолировать от внешних воздействий (признак инерциальности). Предполагается далее, что можно пренебречь воздействием измеряемых тел на часы и линейки лаборатории. Вследствие этого последние можно представить как абсолютно жесткие стержни, снабженные делениями, и как стандартные “жесткие” часы (удовлетворяющие требованию постоянства их периода). Такая идеализация позволяет представить пространственно-временные измерения, производимые в физической лаборатории, как преобразования точек евклидова пространства и квазиевклидова времени инерциальной системы отсчета. Строго говоря, в реальности не существует таких тел, которые могли бы быть абсолютно изолированы от каких бы то ни было воздействий, и поэтому инерциальная система отсчета, характеризующаяся евклидовым пространством-временем, суть идеализированный, теоретический конструкт.

Однако все эти теоретические конструкты механики можно сопоставить с некоторыми фрагментами природы: “материальные точки” — с телами, размерами которых можно пренебречь при решении определенных задач, “силу” — с определенными взаимодействиями тел, которые приводят к изменению состояния движения этих тел; “инерциальную систему отсчета” — с реальными предметами и процессами, используемыми в функции линеек и часов, движение которых с определенным допуском можно считать равномерным и прямолинейным. Благодаря

связи теоретических конструктов с реальностью высказывания механики, сформулированные относительно упомянутых конструктов, предстают как описание объективных процессов природы.

Подобная ситуация характерна для любой области теоретического знания. Фундаментальные определения и постулаты евклидовой геометрии выступают как характеристика свойств и отношений таких абстрактных объектов, как “точка”, “отрезок”, “угол”, “окружность”. Основные законы максвелловской электродинамики (уравнения Максвелла) описывают непосредственно отношения таких идеализированных конструктов как вектора магнитной и электрической напряженности в точке и вектора в плотности тока в точке в любой заданный момент времени. И лишь потому, что отношения и связи абстрактных объектов каждой из упомянутых теорий могут быть обоснованы в качестве изображения некоторой реальной предметной области, высказывания этих теорий приобретают объективную ценность и значимость.

Отсюда, однако, не следует, что теория получает объективное обоснование только тогда, когда каждый ее абстрактный объект может быть сопоставлен с некоторым реальным фрагментом исследуемой теории действительности. Между фрагментами объективной реальности, выделенными человеческой практикой, и системой абстрактных объектов теории существуют более сложные связи. Известно, что лишь некоторые из теоретических объектов могут быть самостоятельно спроецированы на действительность. Большая же их часть соотносится с изучаемой действительностью только косвенно, благодаря связям с абстрактными объектами первого типа.

Указанная часть теоретических объектов получает свое определение только внутри теории, в системе смысловых связей и отношений ее высказываний. Этот факт часто фиксируется в логике науки в форме утверждения, что не все, а только некоторые термины теоретической системы должны иметь операциональный смысл, т.е. быть связанными посредством особых правил соответствия (операциональных определений) с объектами, преобразуемыми в опыте. Смысл же остальных терминов определяется только внутри той или иной системы теоретического языка, в рамках языковых контекстов, где теоретические термины оказываются связанными друг с другом и с терминами, имеющими операциональный смысл. Иногда первые связи называют внутритеоретическими, а вторые, выходящие за пределы теоретического языка, — эпистемическими[1]. Поскольку смыслом терминов и высказываний являются соответствующие абстрактные объекты и их корреляции, постольку указанная специфика теоретических знаний свидетельствует, что в теории существуют абстрактные объекты, которые имеют как внутритеоретические, так и эпистемические связи, и абстрактные объекты, которые имеют только внутритеоретические связи. К последним могут принадлежать конструкты, чрезвычайно важные для теоретической системы и во многом определяющие ее содержательную специфику (“вектор-потенциал” в классической электродинамике; “заряд” и “масса-энергия” “голого электрона” в квантовой электродинамике и т. д.).

Существование абстрактных объектов, оправданных только благодаря их внутритеоретическим связям, свидетельствует, что абстрактные объекты теории не могут быть простым конгломератом не связанных между собой элементов. Они всегда образуют целостную систему. Взаимосвязь элементов в этой системе обусловлена прежде всего тем, что развертывание теории сопряжено с введением одних объектов на базе других. Например, когда из основных уравнений ньютоновской механики получают в качестве следствий уравнения движения твердого тела или движения в центрально-симметричном поле, то это предполагает, что на базе фундаментальных абстрактных объектов “силы”, “материальной точки”, “пространственно-временной системы отсчета” (корреляции которых составляют

смысл основных законов механики) создаются новые абстрактные объекты, такие как “абсолютно твердое тело”, “центрально-симметричное поле” и т. п.

Конструирование одних абстрактных объектов на основе других по правилам языка данной теории должно удовлетворять принципу целостности создаваемой системы теоретических объектов. Каждый вновь вводимый объект, вступая в отношение с уже построенными теоретическими конструктами, обязан согласовываться с ними. Он не должен приводить к появлению у них таких новых свойств, которые были бы несовместимы с ранее заданными признаками. Это одно из основных требований, которое выполняется при развертывании содержания теории[2]. Понятно, например, что в механике, конструируя абстрактные объекты типа абсолютно твердого тела или центрально-симметричного поля, мы не должны получить в качестве следствия, скажем, такой вывод, что материальная точка обладает принципиально неопределенной координатой в строго заданный момент времени. Это противоречило бы исходным признакам материальной точки, поскольку она, по определению, должна быть сопоставима в каждой данной временной точке с одной и только одной точкой пространства.

В конечном счете все абстрактные объекты обосновываются внутри теории тем, что среди них не появляется ни одного объекта, несовместимого с уже введенной системой. В результате возникает представление о своеобразной сети теоретических конструктов, отдельные элементы которой соединены с эмпирией, остальные же не имеют таких связей, но оправданы потому, что играют роль вспомогательных элементов, благодаря которым существует вся сеть. Такого рода связи теоретических объектов между собой и с эмпирически исследуемой действительностью можно проиллюстрировать посредством схемы, предложенной Г. Маргенау[3] (рис.1).

Рис. 1. С – теоретические конструкты; N – непосредственно данная в наблюдении и эксперименте изучаемая реальность; – внутритеоретические связи между конструктами; – связи конструктов с эмпирическим уровнем (эмпирические связи).

Указанная схема охватывает некоторые весьма общие черты организации теоретического знания, но является лишь первым и в определенном смысле весьма ограниченным приближением.

Дальнейший и более детальный анализ (который по ряду причин, в том числе и связанных с общегносеологическими установками, не смог осуществить Маргенау) позволяет выявить более сложное строение теоретического знания и его взаимоотношение с эмпирическим уровнем.

Прежде всего следует обратить внимание на внутреннюю организацию сети теоретических конструктов. Среди них можно обнаружить различные, относительно самостоятельные подсистемы, подчиненные друг другу. В содержании теории в первую очередь следует выделить корреляции фундаментальных абстрактных объектов, которые вводятся через постулаты и определения теории. К ним относятся, например, упомянутые выше корреляции “силы”, “материальной точки” и “пространственно-временной системы отсчета”, введенные в рамках исходных определений и аксиом движения ньютоновской механики.

Показательно, что видоизменение или элиминация хотя бы одного из таких объектов сразу же приводит к видоизменению всей теории. Например, если исключить из механики такой объект, как “материальная точка”, то механика будет разрушена. Если же вместо абстрактного объекта “сила” ввести новый фундаментальный объект, например “энергию”, то вместо ньютоновской механики можно получить другую теоретическую конструкцию — механику Гамильтона; а исключая “энергию” и “силу” из состава фундаментальных абстрактных объектов, можно прийти к основным принципам механики Г. Герца, которая также является

иной, чем ньютоновская механика, теоретической конструкцией, описывающей механическое движение.

Таким образом, в основании сложившейся теории всегда можно обнаружить взаимосогласованную сеть абстрактных объектов, определяющую специфику данной теории. Эту сеть объектов мы будем называть *фундаментальной теоретической схемой*. Исходные признаки ее абстрактных объектов и их главные отношения всегда характеризуют наиболее существенные черты исследуемой в теории предметной области. Фундаментальная теоретическая схема может рассматриваться в качестве весьма абстрактной модели изучаемых в теории взаимодействий. Она выявляет структурные особенности таких взаимодействий, фиксируя в познании их глубинные, существенные характеристики.

В нашем примере с ньютоновской механикой фундаментальная теоретическая схема выражает сущность механического движения в форме абстрактной модели, посредством которой вводится представление о перемещениях материальной точки в пространстве системы отсчета с течением времени и изменения под действием силы состояний движения материальной точки. Изображая движущиеся тела в качестве материальных точек или систем таких точек, с помощью такой модели можно описывать и объяснять реальные механические процессы.

Главные признаки и отношения абстрактных объектов, образующих данную модель, фиксируются основными определениями теории и тремя законами Ньютона, которые служат теоретическим выражением объективных законов механического движения.

Можно высказать достаточно универсальный методологический тезис: формулировки теоретических законов непосредственно относятся к системе теоретических конструкторов (абстрактных объектов). И лишь в той мере, в какой построенные из них теоретические схемы репрезентируют сущностные связи исследуемой реальности, соответствующие законы могут быть применимы к ее описанию.

Эту особенность теоретических знаний можно проследить не только в физике, хотя здесь она проявляется в наиболее отчетливой форме. Эта особенность прослеживается во всех тех областях науки, которые вступили в стадию теоретизации. Возьмем, например, известный закон популяционной генетики — закон Харди—Вейнберга, характеризующий условия генетической стабильности популяций. Этот закон принадлежит к довольно немногочисленной группе биологических законов, которые получили математическую формулировку. Он был сформулирован относительно построенной Харди и Вейнбергом теоретической модели (схемы) распределения в популяции мутантных форм. Популяция в этой модели представляла собой типичный идеализированный объект - это была неограниченно большая популяция со свободным скрещиванием особей. Она могла быть сопоставлена с реальными, большими по численности популяциями, если пренебрежимо малы миграционные и мутационные процессы и можно отвлечься от факторов естественного отбора и от ограничений на панмиксию[4].

Но именно благодаря этим идеализирующим допущениям теоретическая модель фиксировала сущностные связи, характеризующие относительную стабильность популяций, а сформулированный на базе этой модели закон Харди—Вейнберга по праву занял место одного из важнейших законов популяционной генетики.

Здесь нетрудно увидеть прямое сходство с развитыми формами теоретических знаний физики. Идеализированный объект, относительно которого формулировался закон Харди—Вейнберга, выполнял те же функции, что и, например, модель идеального маятника при открытии закона малых колебаний или модель идеального газа при формулировке законов поведения разряженных газов под относительно небольшими давлениями.

В теориях социальных наук также можно обнаружить, что формулировка теоретических законов сопряжена с введением идеализированных объектов, упрощающих и схематизирующих эмпирически наблюдаемые ситуации.

Так, в современных неоклассических экономических теориях одним из важных законов, который конкретизируется и модифицируется в процессе развертывания этих теорий и их развития, является знаменитый закон Л.Вальраса — швейцарского экономиста конца XIX века. Этот закон предполагает, что в масштабах хозяйства, представленного различными товарными рынками, включая рынок денег, сумма избыточного спроса (величина разрыва между спросом на отдельные товары и их предложением) всегда равна нулю. Нетрудно установить, что закон Вальраса описывает идеализированную модель (схему) взаимоотношения различных товарных рынков, когда их система находится в равновесии (спрос на товары на каждом рынке равен их предложению)[5]. В реальности так не бывает. Но это примерно так же, как не бывает материальных точек, абсолютного твердого тела, идеального газа.

Разумеется, каждая теоретическая схема и сформулированный относительно нее закон имеют границы своей применимости. Закон идеального газа не подходит для ситуаций с большими давлениями. В этом случае он сменяется уравнением (законом) Ван-дер-Ваальса, учитывающим силы молекулярного взаимодействия, от которых абстрагируется модель идеального газа. Точно так же в экономической теории модель и закон Вальраса требует корректировки при описании сложных процессов взаимодействия различных рынков, связанных с нарушениями реализации товаров и не приближенных к равновесным процессам. Эти ситуации выражают более сложные теоретические модели (например, модель Кейнса—Виксея, усовершенствованная Дж.Стейном и Г.Роузом, в которой допускалось неравновесие рынков, а также предложенная американскими экономистами Д.Патинкиным, О.Левхари и Г.Джонсоном в 60—70-х годах модель неравновесия рынков, учитывающих эффект кассовых остатков и активную роль денежного рынка[6]).

Формулировка новых теоретических законов позволяет расширить возможности теоретического описания исследуемой реальности. Но для этого каждый раз нужно вводить новую систему идеализаций (теоретических конструктов), которые образуют в своих связях соответствующую теоретическую схему.

Даже в самых “мягких” формах теоретического знания, к которым относят обычно такие гуманитарные дисциплины как литературоведение, музыковедение, искусствоведение (противопоставляя их “жестким” формам математизированных теорий естественных наук), даже в этих дисциплинах можно обнаружить слой абстрактных теоретических объектов, образующих теоретические модели исследуемой реальности. Я сошлюсь здесь на исследования В.М.Розина, применившего разработанную мною концепцию теоретических знаний применительно к техническим и гуманитарным дисциплинам[7]. В.М.Розиным были проанализированы тексты работ М.М.Бахтина и Б.И.Бурсова, посвященные творчеству Достоевского, тексты теоретического музыковедения и текст искусствоведческой работы В.А.Плугина, в которой анализируется живопись Андрея Рублева. Во всех этих ситуациях автор выявляет слой теоретических знаний и показывает, что движение исследовательской мысли в этом слое основано на конструировании идеальных теоретических объектов и оперировании ими[8]. В частности, основные теоретические выводы Бахтина, касающиеся особенностей “полифонического романа” Достоевского, были получены благодаря конструированию теоретической схемы, элементами которой выступают такие идеальные объекты, как “голоса героев” и “голос автора”, вступающие в диалогические отношения[9]. Таким образом можно заключить, что идеальные

теоретические объекты и построенные из них целостные теоретические модели (схемы) выступают существенной характеристикой структуры любой научной теории, независимо от того, принадлежит ли она к сфере гуманитарных, социальных или естественных наук.

Теоретическая схема и математический аппарат

В языке теории теоретическая схема может быть охарактеризована по меньшей мере в двух типах высказываний. Ими могут быть содержательные описания типа уже рассмотренных выше утверждений: “материальная точка перемещается по континууму точек пространственно-временной системы отсчета”, “сила меняет состояние движения материальной точки” и т. д. Посредством таких высказываний описываются связи и отношения абстрактных объектов, образующих теоретическую схему. Но эти же связи могут быть выражены и в форме математических зависимостей. Последнее достигается благодаря отображению абстрактных объектов теоретической схемы на объекты математики. Например, система отсчета может быть связана с системой координат (инерциальная система отсчета механики может быть в определенных пределах отождествлена с системой прямоугольных, сферических или цилиндрических координат в евклидовом пространстве). Вследствие этого она предстает как континуум пространственных и временных точек, каждой из которых может быть поставлено в соответствие определенное число (или набор чисел). Далее, материальная точка в классической механике может быть охарактеризована некоторой постоянной величиной, которая обозначает ее массу. Положение материальной точки в системе отсчета может быть описано при помощи пространственных и временной координат, а изменение указанных координат может быть рассмотрено как характеристика движения материальной точки. Наконец, сила может быть представлена как некоторый вектор.

Благодаря такому отображению абстрактных объектов теоретических схем физики на объекты математики, корреляции между элементами теоретических схем можно выразить в виде набора некоторых формул. Например, можно выразить отношения между силой, пространственно-временной системой отсчета и материальной точкой в виде математической формулировки законов Ньютона.

Признаки абстрактных объектов при переходе к такому описанию фиксируются в форме физических величин, а связи указанных признаков — в виде связей величин в уравнениях. Поскольку теоретическая схема может быть представлена как идеализированный образ изучаемых в теории природных процессов, постольку физические величины и их связи в уравнениях должны выражать некоторые эмпирически констатируемые характеристики таких процессов. Уравнения выступают в этом случае как выражение существенных связей между физическими явлениями и служат формулировкой физических законов.

Уравнения и абстрактные объекты теоретической схемы можно рассматривать как относительно самостоятельные компоненты теоретического знания. Такой подход оправдан, по меньшей мере, двумя обстоятельствами. Во-первых, одни и те же уравнения могут быть связаны с различными теоретическими схемами и, если последние обоснованы как отображение соответствующих фрагментов физической реальности, могут предстать как описание различных физических взаимодействий (хрестоматийными примерами здесь могут служить использование уравнений колебания для теоретического описания и механических, и электромагнитных колебаний, применение Максвеллом уравнений гидродинамики к описанию электромагнитных взаимодействий и т. д.). Во-вторых, теоретическая схема, если зафиксировать ее в языке содержательного описания, может существовать относительно независимо от уравнений. Так, описывая фундаментальную

теоретическую схему механики (движение материальной точки в пространстве системы отсчета под действием силы), можно ввести абстрактную модель реальных механических движений, не прибегая к уравнениям. Опираясь на эту модель, можно получить и качественную характеристику законов механики (например, в “Математических началах натуральной философии” Ньютона три основных закона механики излагались вначале без применения формул, в качественном виде).

Однако, подчеркивая некоторую самостоятельность уравнений и фундаментальных теоретических схем, нельзя упускать из виду, что эта самостоятельность *относительна* и что указанные компоненты теоретического знания тесно связаны между собой. С одной стороны, вне связи с теоретической схемой уравнения являются только математическими формулами, но не выражениями для физических законов. Иначе говоря, уравнения не имеют физической интерпретации. Такую интерпретацию обеспечивает теоретическая схема, предварительно обоснованная в качестве идеализированной модели некоторой реальной области взаимодействий. С другой стороны, вне связи с уравнениями теоретическая схема дает бедное и абстрактное представление об изучаемой реальности. Богатство связей и отношений ее абстрактных объектов, посредством которых в теоретическом знании характеризуются процессы природы, выявляется благодаря уравнениям. Последние как бы развертывают содержание теоретической схемы наиболее простым способом и в наиболее полной форме. Но самое главное во взаимодействии уравнений и теоретических схем заключается в том, что математические средства активно участвуют в самом создании абстрактных объектов теоретической схемы, определяют их признаки. Даже тогда, когда исследователь прибегает к содержательному описанию теоретических схем, он неявно пользуется математическими представлениями. Он может говорить, например, о перемещении материальной точки в пространстве инерциальной системы отсчета с течением времени, но при этом заранее предполагает, что пространство обладает свойствами евклидова пространства, а время — свойствами “квазиэвклидова времени” (равномерное протекание времени во всех системах отсчета)[10]. Характеризуя состояние движения материальной точки (точечной массы), которое определяется через ее координаты и скорость, исследователь заранее допускает, что система отсчета представляет систему координат и поэтому отношение к ней материальной точки может быть выражено координатами и определенными функциями от координат по времени.

Таким образом, исходные признаки абстрактных объектов фундаментальной теоретической схемы всегда несут следы воздействия математической структуры, применяемой в теории. Они вводятся так, чтобы обеспечить при теоретическом описании процессов природы использование определенных математических формализмов. В этом выражается тесная взаимосвязь между применяемыми в теории математическими средствами и исходными признаками и отношениями абстрактных объектов, образующих фундаментальную теоретическую схему. Такая взаимосвязь позволяет говорить о своеобразном двухслойном каркасе, который образует основание физической теории: первый слой составляет математический формализм, второй — фундаментальная теоретическая схема. Оба эти слоя всегда взаимообусловлены. В узком смысле такая взаимообусловленность выражается в том, что основные уравнения теории, соответствующие математической формулировке ее основных законов, выступают как своеобразная запись основных отношений между признаками абстрактных объектов теоретической схемы. Наделив такие объекты новыми признаками, придется изменить уравнения, и наоборот. В широком смысле взаимообусловленность указанных слоев выражается в связи между типом математической структуры, применяемой для описания некоторой области физических процессов, и способом представления таких процессов в

фундаментальной теоретической схеме. Этот аспект взаимосвязи теоретической схемы с математическими средствами описания физических процессов лучше всего пояснить, обращаясь к историческим примерам.

Так, когда Ньютон начал создавать теоретическую схему механических процессов, в которой движущиеся тела были представлены как материальные точки, изменяющие свои координаты и импульсы в пространственно-временной точке под действием силы, то эта модель механического движения потребовала создания особого математического аппарата.

В доньютоновский период для описания механических процессов применялась евклидова геометрия в соединении с обычной алгеброй. Механика удовлетворялась этим аппаратом постольку, поскольку изображала реальные объемные тела в виде идеальных геометрических тел и, рассматривая их движения, не ставила задачи описать изменение в точке количества движения (импульса) тела, а следовательно, изменение в точке его скорости.

Ньютон, приступив к решению этой задачи, был вынужден описывать движение тела и изменение его состояния в бесконечно малых областях пространства-времени. В частности, для выяснения закономерностей изменения скорости в точке под действием приложенной силы пришлось перейти к рассмотрению стягивающегося в точку приращения пути к стягивающемуся в точку промежутку времени, что трансформировало старый аппарат механики (евклидову геометрию) в новый аппарат, который явился первой формой дифференциального и интегрального исчисления.

Таким образом, переход к новой теоретической схеме механического движения потребовал новых математических структур, для описания такого движения (после развития дифференциального исчисления Ньютоном, и в особенности после работ Лейбница, этот аппарат превратился в основное средство математического описания механических процессов).

Рассмотренный пример иллюстрирует изменение математического аппарата под влиянием новой содержательно-физической модели изучаемых процессов. Но существует и другой путь, в известном смысле обратный только что рассмотренному, когда математические средства, привлекаемые в сложившуюся теорию для решения тех или иных ее задач, вызывают перестройку фундаментальной теоретической схемы. Так, например, была перестроена механика Ньютона под влиянием аппарата дифференциальных уравнений, развитого в математике XVIII века и с успехом использованного для решения теоретических задач механики в ее приложении к широкому кругу явлений (включая математическое описание механических систем с большим числом степеней свободы). Для того чтобы обеспечить эффективное применение методов анализа при рассмотрении любых механических явлений, Лагранж, а затем Гамильтон и Якоби ввели новые фундаментальные теоретические схемы механики, эквивалентные ньютоновской (в смысле их способности представлять объективную структуру механического движения в форме идеализированной модели). Лагранж, например, предложил описывать состояние движения материальной точки не как изменение ее координат и скоростей в трехмерном евклидовом пространстве, а как изменение обобщенных координат и обобщенных скоростей в пространстве конфигураций.

Такого рода перестройка уже сложившейся теоретической схемы под влиянием нового математического аппарата типична для развития физики. В квантовой механике, например, вначале возникли две эквивалентные теории квантовых процессов — волновая механика Шредингера и матричная механика Гейзенберга, каждая из которых имела свой математический аппарат и соответственно свою теоретическую схему.

Последующее развитие квантовой механики привело к синтезу этих двух форм теоретического описания в рамках нового описания, которое основывалось на использовании аппарата бесконечномерного гильбертова пространства. Переход к этому аппарату потребовал создать и новую фундаментальную теоретическую схему. В частности, волновая функция в трехмерном пространстве, которая фигурировала в теоретической схеме волновой механики, стала рассматриваться как вектор состояния квантовой системы, но в гильбертовом пространстве. Его корреляции к вектору состояния прибора позволили отобразить в квантовомеханическом описании глубинные характеристики квантовых процессов. По отношению к новой теоретической схеме прежние представления Шредингера и Гейзенберга выступали как “недостаточно совершенные” теоретические модели квантовых процессов. Новая теоретическая схема синтезировала обе эти модели и позволила описать и объяснить широкий круг явлений в атомной области.

Таким образом, под влиянием новых математических структур, вводимых в теорию, происходит определенное обобщение теоретической схемы. Такое обобщение, с одной стороны, обеспечивает наиболее эффективное описание и объяснение новых фактов, с другой — подготавливает базу для перехода к освоению в теоретическом познании новых типов физических объектов. Развивая математический аппарат и насыщая его новым физическим содержанием, познание как бы подготавливает средства для своего будущего развития. Так, разработка механики Лагранжа и Гамильтона послужила необходимой базой для последующей успешной разработки электродинамики и квантовой механики, а фейнмановская формулировка квантовой механики была предварительным и необходимым шагом для новейшего развития квантовой электродинамики (аппарат интегралов по траекториям, развитый Фейнманом, послужил не только эффективным средством решения квантовомеханических задач в нерелятивистской области, но и способствовал построению релятивистски-инвариантной теории взаимодействий квантованного электромагнитного и квантованного электронно-позитронного полей с учетом высших приближений теории возмущений).

Таким образом, взаимодействие применяемого в теории математического формализма и фундаментальной теоретической схемы является не только нормой функционирования теории, но и условием самого развития теоретических знаний.

Активное обратное воздействие математического аппарата на фундаментальную теоретическую схему приводит к тому, что ее элементы (абстрактные объекты) на высших стадиях развития теории предстают в качестве своеобразных эквивалентов абстрактных объектов математики. Набор признаков, по которым введен каждый абстрактный объект теоретической схемы, фиксируется в форме некоторого математического образа, “наполненного физическим смыслом”. Часть таких образов может иметь наглядные аналоги в предметном мире, с которым имеет дело человек в своей реальной практической деятельности (например, материальная точка классической механики легко может быть сопоставлена с реальными макроскопическими телами, с которыми человек на каждом шагу оперирует в практике). Но большая часть из них может не иметь подобных аналогов. Таковыми являются, например, теоретические конструкты типа вектора состояния в гильбертовом пространстве (теоретическая характеристика микрообъекта в квантовой механике), вектора электрического и магнитного поля в пространственно-временной точке, взаимодействующего с вектором плотности заряда-тока в точке (теоретическая характеристика электромагнитных взаимодействий в классической электродинамике). В этом случае признаки абстрактных объектов уже не имеют аналога в виде отдельно взятой вещи, выделенной из природы практической деятельностью. Основной формой предметности, которая объединяет и закрепляет эти признаки, является математический образ.

Математическая форма выражения абстрактных объектов позволяет ввести посредством их корреляций обобщенную модель исследуемой реальности даже тогда, когда научное познание начинает изучать непривычные, с точки зрения обычного здравого смысла, виды материальных взаимодействий. В этом случае часто оказывается невозможным представить каждый абстрактный объект теоретической схемы как аналог предметов, с которыми оперируют в практике. Абстрактные объекты выступают как сложные замещения отношений таких предметов. Но математическая форма позволяет выразить эти отношения в качестве особого идеального объекта, который становится элементом более сложной структуры — теоретической схемы, представляющей в познании исследуемую реальность.

Итак, анализ строения теории требует выделить в качестве ее основания особую организацию абстрактных объектов — фундаментальную теоретическую схему, связанную с соответствующим ей математическим формализмом.

Будучи идеальной моделью исследуемых в теории процессов, теоретическая схема обеспечивает интерпретацию математического аппарата теории и служит своеобразным посредником между ним и экспериментально фиксируемыми свойствами и отношениями физических объектов.

В отличие от формализованных теорий математики, где теорию (исчисление) отделяют от моделей, интерпретирующих исчисление (теория имеет поле интерпретаций), в физике модели, которые определяют физический смысл уравнений, входят в содержание теорий.

Мы назвали такие модели теоретическими схемами для того, чтобы отличить их от других типов моделей, которые применяются в теоретическом исследовании. Некоторые из них служат средством построения теории, но не включаются в ее состав. Теоретические же схемы всегда включены в теорию в качестве важнейшего компонента ее содержания.

Вместе с уравнениями фундаментальная теоретическая схема образует основание физической теории, опираясь на которое исследователь может получать все новые характеристики исследуемой реальности, не обращая каждый раз к ее экспериментальному изучению. Такие характеристики можно получить в результате дедуктивного развертывания теории, выявляя новые знаки абстрактных объектов теоретической схемы на базе исходных признаков.

Дедуктивное развертывание теории осуществляется как вывод из основных постулатов и определений теории их следствий. Методы такого вывода могут быть самыми различными. К ним относятся и формально-логические приемы дедуктивного выведения из одних высказываний других, и приемы решения уравнений, и, наконец, мысленные эксперименты с объектами теоретической схемы. Например, используя математический аппарат механики и опираясь на мысленное рассмотрение связей между объектами ее фундаментальной теоретической схемы, можно получить на основе главных признаков указанных объектов новые их признаки, такие как свойство сил совершать работу, свойство материальной точки обладать потенциальной и кинетической энергией и т. п. Эти признаки материальных точек и сил выступают как особые характеристики механического движения. В процессе развертывания теории такие признаки фиксируются в форме понятий, а их связи выражаются в форме соответствующих теоретических высказываний. В математическом аппарате они выступают как новые физические величины, находящиеся в связи с другими величинами.

На первый взгляд кажется, что достаточно иметь набор абстрактных объектов, образующих фундаментальную теоретическую схему, чтобы строить относительно них все новые высказывания и развертывать теорию, не вводя новых абстрактных объектов. Однако в реальном развертывании теории новые признаки объектов

фундаментальной теоретической схемы нередко превращаются в самостоятельные абстрактные объекты. Например, при движении в математическом аппарате оперируют указанными признаками как самостоятельными образованиями, представив их в виде соответствующих физических величин, и лишь при интерпретации полученных результатов физические величины рассматривают как характеристику признаков объектов фундаментальной теоретической схемы. Но такая интерпретация — не единственно возможный способ экспликации теоретического смысла физических величин. Нередко в целях успешного развертывания теории важно представить физическую величину в качестве термина, фиксирующего особый абстрактный объект, который существует наряду с фундаментальными абстрактными объектами теории и с которым можно оперировать точно так же, как оперировал исследователь с фундаментальными объектами теоретической схемы. В таком случае теоретическое понятие превращается в соответствующий ему абстрактный объект. Например, в механике, получив в процессе анализа фундаментальной теоретической схемы такой признак материальной точки, как способность обладать энергией, и зафиксировав этот признак в понятии “энергия”, можно затем образовать особый теоретический конструкт “энергия”, который представляет собой результат абстрагирования соответствующего признака материальных точек. С этим конструктом можно осуществлять мысленные эксперименты, рассматривая процессы обмена энергией между механическими системами, превращения энергии одного вида в другой и т. д. Содержательный анализ таких ситуаций и применение к ним средств математического описания позволяет получать новые характеристики движения тел.

Развертывание теории всегда представляет собой создание на базе фундаментальных признаков и отношений абстрактных объектов теоретической схемы, новых абстрактных объектов, признаки и корреляции которых фиксируются в системе соответствующих высказываний. Тогда можно представить, что в сети взаимосвязанных теоретических конструктов, образующих содержание теории, выделена основная подсистема (фундаментальная теоретическая схема), а остальные конструкты формируются вокруг нее, по мере развертывания теории. Однако более детальный анализ показывает, что такое представление о содержательной структуре теории нуждается в дальнейшем уточнении и конкретизации.

“Дочерние” (по отношению к фундаментальным) теоретические конструкты тоже организованы в особые подсистемы, как и конструкты, образующие фундаментальную теоретическую схему. Такие подсистемы могут быть независимы друг от друга и подчинены только фундаментальной теоретической схеме. Каждая такая подсистема характеризуется своей относительно выделенной в теории совокупностью высказываний и понятий, образующих особый раздел теории. Так, в механике отчетливо выступают несколько относительно независимых разделов: механика малых колебаний точки, движения в поле центральных сил, вращения твердого тела и т. д. Каждый из таких разделов образован системой высказываний, вводящих некоторую совокупность своих, специфических абстрактных объектов (например, “период колебания” и “амплитуда” в механике малых колебаний или “относительный вращающий момент”, “мгновенная ось вращения”, “главный момент инерции” в механике твердого тела). Среди этих совокупностей, в свою очередь, можно выделить системы основных абстрактных объектов и производные от них. Так, в теории малых колебаний “материальная точка”, “квазиупругая сила” и “система отсчета” (например, фиксированная прямая, позволяющая регистрировать отклонения точки от положения равновесия) выступают в качестве системы объектов, имеющих независимый статус (в рамках данного раздела механики). Они вводятся относительно независимо от других абстрактных объектов теории

колебания, тогда как, например, “период колебания” уже выступает как теоретический конструкт, оправданный только в силу корреляций вышеперечисленных объектов.

На этом основании их можно выделить в качестве фундамента механической теории малых колебаний. Показательно, что при изложении данного раздела ньютоновской механики обязательно фиксируется особый статус корреляций “материальной точки”, “квазиупругой силы” и “системы отсчета”. Они образуют теоретическую модель малых механических колебаний, которую именуют линейным гармоническим осциллятором и связывают с основным уравнением колебания.

Модель механических колебаний (осциллятор) вводится внутри механики относительно независимо от других, подобных ей систем абстрактных объектов. Но она зависит от фундаментальной теоретической схемы механики. По отношению к ней осциллятор выступает как своего рода частный случай[11].

Нетрудно убедиться, что, опираясь на фундаментальную теоретическую схему механики, можно построить не только осциллятор, но и другие подобные ему системы абстрактных объектов, например, образовать модель абсолютно твердого тела, жестко связывая материальные точки силами реакции, построить модель упругого соударения тел и т. д.

В результате можно сделать вывод, что в содержании развитой теории, кроме ее фундаментальной схемы, можно выделить еще один слой организации абстрактных объектов — уровень *частных теоретических схем*. Последние конкретизируют фундаментальную теоретическую схему применительно к ситуациям различных теоретических задач и обеспечивают переход от анализа общих характеристик исследуемой реальности и ее фундаментальных законов к рассмотрению отдельных конкретных типов взаимодействия, в которых в специфической форме проявляются указанные законы.

Таким образом, при рассмотрении научной теории в аспекте внутренних смысловых связей ее терминов и высказываний обнаруживается сложная организация содержания теоретических знаний. В теории нет линейной цепочки абстрактных объектов, последовательно конструируемых один из другого (как это представлено у Г. Маргенау). Скорее, следует говорить о некоторых узловых системах таких объектов, вокруг которых формируются непосредственно относящиеся к ним “дочерние” конструкты. Своеобразным каркасом, сцепляющим все эти элементы в единую организацию, служат фундаментальная теоретическая схема и частные теоретические схемы, которые формируются на основе фундаментальной и вместе с ней включаются в состав научной теории. Содержательная структура развитой теории характеризуется тем, что входящие в теорию конструкты организованы не как простая, а как сложная система, включающая относительно самостоятельные подсистемы, которые связаны между собой по принципу уровневой иерархии (подсистемы низшего уровня координированы друг с другом и в то же время подчинены подсистемам высшего уровня).

Роль теоретических схем в дедуктивном развертывании теории

В логико-философском анализе языка науки довольно часто упускают из виду отмеченные особенности системной организации теоретических конструктов и не фиксируют теоретические схемы в качестве особых компонентов теории. На наш взгляд, это вызвано широко распространенным в логике и методологии науки подходом к любой

научной теории только как к знанию, построенному по нормам аксиоматико-дедуктивной организации[12]. При рассмотрении научной теории с таких позиций видят в ней лишь выведение по правилам логики одних высказываний из других, что, в аспекте теоретического содержания, может быть истолковано как формирование все новых абстракций, призванных охарактеризовать исследуемую предметную область. Эти абстракции предстают как целостная система, внутри которой тем не менее весьма трудно выделить какие-либо уровни организации.

Однако естественнонаучные теории (впрочем, как и многие из теоретических систем математики), вообще говоря, лишь условно могут быть приняты за аксиоматико-дедуктивные системы. При анализе теоретических текстов обнаруживается, что даже в высокоразвитых теориях, широко использующих приемы формализованной аксиоматики, кроме формально-аксиоматической части существует некоторый принципиальный неформальный остаток, причем организованный вовсе не по нормам аксиоматико-дедуктивного построения.

Выясняется, что в процессе дедуктивного развертывания теории, наряду с аксиоматическими приемами рассуждения, большую роль играет генетически-конструктивный метод построения знаний, причем выступающий в форме своего содержательного варианта[13]. В отличие от аксиоматического метода, при котором “за исходное берут некоторую систему *высказываний*, описывающих некоторую область объектов, и систему логических действий над *высказываниями*”[14], генетический метод предполагает оперирование непосредственно с абстрактными объектами теории, зафиксированными в соответствующих знаках[15]. Процесс рассуждения в этом случае предстает “в форме мысленного эксперимента о предметах, которые взяты как конкретно наличные”[16].

Одним из примеров такого развертывания теории может служить евклидова геометрия[17]. Постулаты Евклида вводили основные абстрактные объекты — “точку”, “прямую”, “окружность”, “отрезок” — как определяемые через построение с помощью идеального циркуля и линейки. Все последующие рассуждения проводились на базе построения из основных объектов различных геометрических фигур. Мысленные эксперименты с фигурами (их расчленение и трансформация, а также их наложение друг на друга) служили основой для получения знаний, фиксируемых в системе соответствующих высказываний евклидовой геометрии[18].

Генетически-конструктивный подход сразу же делает очевидным факт существования теоретических схем. Такие схемы (вводимые в теоретическом языке в форме чертежей, снабженных соответствующими разъяснениями, либо через систему высказываний, характеризующих приемы конструирования и основные корреляции некоторого набора абстрактных объектов) предстают в качестве основы, обеспечивающей развертывание теоретических знаний.

Если с этих позиций рассмотреть процесс выведения из основных определений и аксиом физической теории их следствий, то обнаруживается, что, наряду с приемами развертывания знаний за счет движения в математическом формализме и формально-логических операций с терминами и высказываниями теории, большую роль играют мысленные эксперименты с абстрактными объектами теоретических схем. В этом нетрудно убедиться на любом конкретном примере. Так, возвращаясь к уже рассмотренному случаю с описанием процесса малых колебаний в рамках ньютоновской механики, можно установить, что выражение для закона малых колебаний нельзя получить из основных уравнений движения, если использовать только формально-логический вывод и средства математического формализма. Для вывода закона малых колебаний необходим целый ряд содержательных допущений: нужно конкретизировать вид силы, установить конкретный вид системы отсчета и рассмотреть характер перемещений материальной точки под действием

квазиупругой силы в данной системе отсчета. Только после этого из основных уравнений движения механики можно вывести уравнение колебания. Все эти привычные для физика операции означают конструирование модели малых колебаний (осциллятора) на основе фундаментальной теоретической схемы механики и вывод уравнения колебания путем мысленного наблюдения за основными связями абстрактных объектов данной модели. В процессе такого вывода оперирование с элементами “осцилляторной модели” начинается с того момента, когда в уравнениях механики производится конкретизация вида силы, применительно к задаче малых колебаний. Уже само определение квазиупругой силы, как “силы, которая стремится возвратить материальную точку к положению равновесия”, эксплицирует осциллятор как модель малых колебаний. Только в рамках отношений между элементами этой модели может вводиться основной признак квазиупругой силы — “быть величиной, пропорциональной величине отклонения точки от положения равновесия”. Обозначая силу через F , отклонение от положения равновесия — через x получают выражение для силы $F = -kx$, где k — коэффициент пропорциональности. Подставляя это выражение в уравнение

$F = m \frac{d^2x}{dt^2}$ получают уравнение малых колебаний $m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0$. Такова в деталях процедура вывода уравнения колебаний из основных законов механики. Наглядно ее можно изобразить посредством следующей схемы.

В рассуждениях физика осциллятор играет примерно ту же роль, что и геометрическая фигура в рассуждениях математика. Он позволяет установить связь между силой и величиной отклонения материальной точки от положения равновесия, что в свою очередь приводит к конкретизации второго закона Ньютона и превращению его в уравнение колебаний.

Даже при самом современном способе изложения физической теории с применением развитых математических средств нельзя избежать обращения к содержательным операциям с абстрактными объектами, входящими в теоретические схемы. Именно за счет таких операций накладываются ограничения на основные уравнения теории и формулируются частные законы, применимые к решению той или иной конкретной теоретической задачи. Так, в классической теории поля (достигшей в современном изложении весьма высокого уровня математизации) для того, чтобы получить, допустим, из фундаментальных уравнений электромагнитного поля (уравнений Максвелла) выражения для законов Кулона и Био—Савара, приходится предварительно произвести ряд мысленных экспериментов с фундаментальной теоретической схемой, которая характеризует посредством связи векторов электрического и магнитного поля и вектора плотности заряда-тока структуру электромагнитных взаимодействий.

Для вывода закона Кулона вначале конкретизируют фундаментальную теоретическую схему классической электродинамики и создают на ее основе теоретическую модель, которая характеризует электростатическое поле точечного источника. Предполагают, что поле создается точечным зарядом, т. е. что оно направлено по радиусу — вектору, проведенному из точки, в которой находится заряд e . Затем определяют поток электрического поля через шаровую поверхность с радиусом R вокруг заряда e . Соответственно этой модели трансформируют уравнения Максвелла. Вначале переписывают их в форме, соответствующей выражению законов для постоянного электрического поля, а затем применяют к конкретной ситуации расчета величины потока поля через шаровую поверхность. Только благодаря всем этим операциям на основе уравнений Максвелла получают их следствие — закон Кулона [19].

Аналогичным способом выводится и закон Био—Савара. Его нельзя получить путем одних математических преобразований уравнений Максвелла. Необходимо

вначале трансформировать фундаментальную теоретическую схему классической электродинамики в ее “дочернюю” модель, характеризующую постоянное магнитное поле, порождаемое стационарным током. Поэтому вывод уравнения Био—Савара начинается с предположения, что заряды, создающие электромагнитное поле, совершают только “финитное движение, при котором частицы все время остаются в конечной области пространства, причем импульсы тоже остаются всегда конечными”[20]. Затем, опираясь на указанные конкретизирующие предпосылки, видоизменяют уравнение Максвелла $\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{J}$ в уравнение $\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{J}$, после чего путем ряда математических преобразований[21] выводят закон Био—Савара, который в математической форме выражает корреляции абстрактных объектов теоретической схемы, характеризующей магнитное действие стационарного тока.

Таким образом, если заранее не подгонять любую естественнонаучную теорию под идеал аксиоматико-дедуктивного построения знаний, то можно довольно легко зафиксировать не только существование в ней теоретических схем, но и выявить важную роль последних в процессе развертывания теоретического содержания.

В физике такое развертывание может осуществляться, по меньшей мере, двумя взаимосвязанными способами: а) путем формальных операций со знаками теоретического языка (например, операций с физическими величинами по правилам математики) и б) за счет исследования методом мысленного эксперимента корреляций объектов, объединенных в теоретические схемы. В первом случае не обращают внимания на смысл знаков[22] и оперируют с ними по некоторым заданным правилам, образующим синтаксис принятого теоретического языка. Во втором — обязательно эксплицируют содержание соответствующих знаковых выражений и вводят представление об абстрактных объектах, находящихся в строго определенных связях и отношениях друг к другу. Развертывание знаний осуществляется в этом случае путем мысленного экспериментирования с абстрактными объектами, исследование связей которых позволяет выявлять новые признаки абстрактных объектов и вводить новые абстракции, продвигаясь в плоскости теоретического содержания без обращения к приемам формализованного мышления. Показательно, что в развитой научной теории эти два способа выведения знаний дополняют друг друга. Во всяком случае, анализ процедур развертывания физической теории показывает, что пробег в сфере математики, которая задает приемы “формальной работы” с физическими величинами, всегда сочетается с продвижением в теоретических схемах, которые эксплицируются время от времени в форме особых модельных представлений.

Это, конечно, не значит, что при развертывании теории оперируют абстрактными объектами теоретических схем только тогда, когда прибегают к содержательно-генетическим приемам вывода. Движение в плоскости математического формализма также выступает как особый способ исследования свойств и отношений абстрактных объектов теоретической схемы. Поскольку такие свойства и отношения представлены в уравнениях в виде физических величин и их связей, постольку решение уравнений может быть рассмотрено как своеобразная процедура оперирования соответствующими абстрактными объектами теоретических схем. В этом понимании описание возможных способов решения уравнений правомерно расценивать как характеристику операций, которые могут быть проведены над абстрактными объектами.

Абстрактные объекты теоретической схемы могут эксплицироваться путем содержательных определений и содержательного описания их корреляций. Но вместе с тем они могут быть введены при развертывании теории путем замены части содержательных определений математическими выражениями и последующих

операций с данными выражениями по правилам математики. Показательно, что связь содержательно-генетического и формального метода развертывания теории проявляется в постоянном переходе от одной формы “знакового бытия” теоретической схемы к другой[23]. В процессе вывода исследователь оперирует и математическим языком, и содержательными описаниями. Он время от времени корректирует движение в математическом формализме содержательными операциями с абстрактными объектами теоретических схем, а затем вновь переходит к формальному способу оперирования с данными объектами, исследуя их связи за счет преобразования знаков математического языка в соответствии с его нормами.

Поскольку развертывание физической теории обязательно предполагает редукцию фундаментальной теоретической схемы к частным, постольку возникает вопрос о способах и приемах такой редукции. При генетически-конструктивном методе построения теории необходимо не только определить исходные абстрактные объекты, но и задать способ построения на их основе новых абстрактных объектов. Процедуры такого построения обеспечивают переход от фундаментальной теоретической схемы к частным.

Специфика сложных форм теоретического знания, таких как физическая теория, состоит в том, что операции построения частных теоретических схем на основе объектов фундаментальной теоретической схемы не описываются в явном виде в постулатах и определениях теории. Эти операции демонстрируются на конкретных примерах редукции фундаментальной теоретической схемы к частной. Такие примеры 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 электродинамике — вывод из уравнений Максвелла законов Био—Савара, Кулона, Ампера, Фарадея и т. п. Если проанализировать все эти формы вывода, то выяснится, что построение частной теоретической схемы на основе фундаментальной предполагает каждый раз обращение к исследуемому в теории объекту и выявление все новых его связей. При выводе с самого начала принимается во внимание специфика тех реальных процессов, для объяснения которых должна быть введена соответствующая частная теоретическая схема. Исследователь рассматривает эти процессы сквозь призму фундаментальной теоретической схемы (например, видит движение колеблющегося тела как перемещение материальной точки в системе отсчета), а затем осуществляет ряд мысленных экспериментов, в ходе которых налагает на фундаментальную теоретическую схему ограничения, соответствующие особенностям исследуемых процессов (например, отмечает, что процесс колебания связан с действием сил, которые каждый раз возвращают материальную точку в положение равновесия). За счет таких ограничений происходит конкретизация фундаментальной теоретической схемы, и она преобразуется в частную теоретическую схему.

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 теории в особую теоретическую задачу. Дедуктивное развертывание теории осуществляется в форме решения таких задач. Решение некоторых из них с самого начала описывается в теории и предлагается в качестве образцов, в соответствии с которыми должны решаться все остальные задачи. Способ построения абстрактных объектов частной теоретической схемы на основе объектов фундаментальной теоретической схемы, необходимый

для решения каждой новой теоретической задачи, демонстрируется на образцах уже решенных задач.

Отмеченную особенность дедуктивного развертывания физической теории зафиксировал Т.Кун при рассмотрении так называемых ординарных ситуаций научного исследования, связанных с приложением уже построенной теории к объяснению и предсказанию явлений.

Кун подчеркивал, что теоретическое описание и объяснение каждой новой физической ситуации осуществляется в соответствии с некоторой схемой видения (парадигмой), позволяющей изучать одну ситуацию по образу и подобию другой. В качестве главного компонента парадигмы он выделил образцы решения задач, благодаря которым осуществляется переход от основных законов теории к их следствиям, применяемым для характеристики тех или иных конкретных ситуаций[24].

Однако у Куна понятие образцов четко не определено. Лишь из контекста куновской работы можно установить, что он понимает под образцами способы оперирования модельными представлениями, которые обеспечивают вывод из одних формул математического аппарата других формул. В нашей терминологии эта деятельность может быть описана как редукция фундаментальной теоретической схемы к частной. Но последнее у Куна четко не выражено (в его работе вообще не дается характеристика структуры теоретических моделей и их типология). В этом смысле вышеизложенный анализ можно рассматривать как выяснение предметно-логической основы той деятельности, которую Кун называет использованием “образцов”.

Теоретические схемы и мысленные эксперименты с ними являются основой дедуктивного развертывания теории и ее приложения к описанию и объяснению различных проявлений изучаемой в теории реальности.

В свете сказанного можно внести ряд уточнений в представление о физической теории как о математическом аппарате, получившем физическую интерпретацию.

Во-первых, аппарат нельзя понимать как формальное исчисление, развертывающееся только в соответствии с правилами математического оперирования. Лишь отдельные фрагменты этого аппарата строятся подобным способом. “Сцепление” же их осуществляется за счет обращения к теоретическим схемам, которые эксплицируются в форме особых модельных представлений, что позволяет, проводя мысленные эксперименты над абстрактными объектами таких схем, корректировать преобразования уравнений принятого формализма.

Во-вторых, следует уточнить само понятие интерпретации. Известно, что интерпретация уравнений обеспечивается их связью с теоретической моделью, в объектах которой выполняются уравнения, и связью уравнений с опытом. Последний аспект называют эмпирической интерпретацией. Для обозначения первого аспекта нет устоявшегося термина. Иногда его называют семантической интерпретацией. Семантика уравнений определяется обоими аспектами интерпретации, причем эти аспекты связаны между собой (ниже будет показано, что построение эмпирической интерпретации предполагает отображение теоретической модели на объекты реального опыта).

Фундаментальные уравнения теории приобретают физический смысл и статус физических законов благодаря отображению на теоретическую схему. Но было бы большим упрощением считать, что таким образом обеспечивается физический смысл и теоретических следствий, выводимых из фундаментальных уравнений. Чтобы обеспечить такой смысл, нужно еще уметь конструировать на основе фундаментальной теоретической схемы частные теоретические схемы. Нетрудно, например, установить, что математические выражения для законов Ампера, Био—Савара и т. д., выведенные из уравнений Максвелла, уже не могут

интерпретироваться посредством фундаментальной теоретической схемы электродинамики. Они содержат в себе специфические величины, смысл которых идентичен признакам абстрактных объектов соответствующих частных теоретических схем, в которых векторы электрической, магнитной напряженности и плотности тока в точке замещаются другими конструктами: плотностью тока в определенном объеме, напряженностями поля, взятыми по некоторой конечной пространственной области, и т. д.

Поскольку построение частных теоретических схем на основе фундаментальной предполагает использование эталонных ситуаций решения теоретических задач, постольку интерпретация математического аппарата развитой теории предполагает включение в теорию исходного набора таких ситуаций. Истоки их формирования и включения в теорию можно выяснить, только исследовав закономерности генезиса фундаментальной теоретической схемы.

Итак, фундаментальная теоретическая схема и ее производные образования представляют своего рода внутренний скелет теоретического знания, определяющий как содержательную специфику теории, так и процедуры ее развертывания. Учитывая это, по-видимому, не будет большим преувеличением сказать, что проблема генезиса теории прежде всего выступает как проблема становления ее теоретических схем. В пользу решающей роли таких схем в генезисе теоретических знаний говорит и то обстоятельство, что именно они обеспечивают особый статус необходимости, свойственный теоретическим законам и отличающий последние от эмпирических обобщений, представленных эмпирическими зависимостями.

В науке всегда можно найти такие разновидности эмпирических обобщений, которые выражаются в виде количественных зависимостей и по своей математической форме полностью совпадают с соответствующим выражением для теоретического закона. Хотя по внешнему виду такие выражения одинаковы, между ними существует огромное различие: первые обладают только вероятностной истинностью, вторые — представляют собой достоверное знание.

Качественно новый смысл эмпирической формулы, возникающий при переводе ее в ранг теоретического закона, обеспечивает ее соединение с теоретической схемой, т. е. обоснование ее в качестве математического выражения корреляций между абстрактными объектами, составляющими данную схему. В последнем нетрудно убедиться, разобрав любой конкретный пример отношения эмпирической формулы к теоретическому закону.

Допустим, что мы повторили опыты Р. Бойля и установили зависимость между объемом и давлением газа. Из табличных данных, полученных на базе реального эксперимента, можно вывести формулу $pV = const$, где p — давление, V — объем газа. Но сколько бы ни проводилось экспериментов с газами, никогда не будет гарантии, что в следующей серии опытов найденная зависимость не нарушится. Более того, она обязательно будет нарушаться, когда мы перейдем к опытам с большими давлениями, поскольку в этом случае существенную роль будут играть силы, которые не принимаются во внимание в законе Бойля—Мариотта, а учитываются лишь в уравнении Ван-дер-Ваальса. Это значит, что увеличение числа наблюдений не придает статуса необходимости разбираемой эмпирической зависимости. Для этого требуется особое доказательство, которое осуществляется следующим образом.

Вводится система абстрактных объектов, в качестве которых фигурируют: а) идеальный газ, представленный как набор идеально упругих и бесконечно малых частиц, соударяющихся друг с другом; в) идеальный сосуд, в который заключены эти частицы; с) идеальный поршень, который сжимает идеальный газ, двигаясь внутри сосуда. В процессе мысленного эксперимента устанавливаются следующие отношения данных объектов: идеально упругие частицы, двигаясь по законам

механики, ударяются о стенки сосуда так, что суммарная сила всех их ударов на единицу площади характеризует давление газа. Математическое выражение этих отношений, основанное на применении фундаментальных законов механики, позволяет вывести зависимость $pV = const$, зафиксированную ранее в опыте.

В результате этих процедур индуктивно полученная формула становится законом, описывающим поведение достаточно разреженных газов. Таким образом, для получения закона, характеризующего связь между объемом и давлением газа, понадобилось построить теоретическую схему, которая известна в науке как модель идеального газа. Эта модель фиксировалась в особой знаковой форме (например, в форме снабженного соответствующими разъяснениями чертежа, изображающего идеальный сосуд переменного объема и набор частиц газа, заключенных в сосуд). Затем при выражении связей и отношений между объектами данной схемы в математическом языке была получена формула $pV = const$, которая теперь предстала в качестве теоретического высказывания. Хотя ее вид остался тот же, что и при выражении на языке математики зависимости, полученной из опыта, величины p и V приобрели иной физический смысл. Они стали выражать уже не корреляции реальных, эмпирически фиксируемых сосудов и газов, а отношения абстрактных объектов теоретического языка, посредством которых строится модель идеального газа. В результате формула $pV = const$ была возведена в ранг теоретического закона и приобрела признаки всеобщности и необходимости.

Рассмотренный пример принципиального различия между эмпирической зависимостью и теоретическим законом имеет корни в реальной истории науки. Он в сжатом виде воспроизводит логику открытия одного из основных законов теории газов. Сама история этого открытия весьма интересна и поучительна. Как эмпирическая зависимость формула $pV = const$ была получена во многом случайно, как побочный результат спора между двумя известными физиками XVII столетия Р.Бойлем и Ф.Линнусом [25]. Спор шел по поводу интерпретации опытов Бойля, обнаруживших явление барометрического давления. Бойль проделал следующий опыт: трубку, запаянную сверху и наполненную ртутью, он погружал в чашку с ртутью. Согласно принципу сообщающихся сосудов следовало ожидать, что уровень ртути в трубке и в чашке будет выровнен. Но опыт показал, что лишь некоторая часть ртути выливается в чашку, а остальная часть в виде столбика стоит над поверхностью ртути в чашке. Бойль интерпретировал этот опыт следующим образом: давление воздуха на поверхность ртути в чашке удерживает столбик ртути над этой поверхностью. Высота столбика является показателем величины атмосферного давления. Тем самым был предложен принцип барометра — прибора, измеряющего давление.

Однако Ф.Линнус выдвинул следующие возражения: воздух состоит из легких частиц, он подобен тонкой и податливой жидкости, которая не может устоять под давлением тяжелых частиц ртути. Поэтому воздух не может удерживать столб ртути. Удерживает его притяжение ртути к верхнему концу барометрической трубки. Линнус писал, что, затыкая сверху барометрическую трубку пальцем, он чувствовал нити притяжения, когда опускал ее в чашку. Сам по себе этот исторический факт весьма показателен. Он свидетельствует о том, что один и тот же результат опыта может получить различные интерпретации и использоваться для подтверждения различных концепций.

Чтобы доказать Линнусу, что воздух способен удерживать столб ртути, Бойль поставил новый опыт. Он взял изогнутую в виде сифона стеклянную трубку с запаянным коротким коленом и стал постепенно наполнять ее ртутью. По мере увеличения столбика ртути воздух в колене сжимался, но не вытеснялся полностью. Бойль составил таблицу отношения объемов воздуха и величины столбика ртути и послал ее Линнусу как доказательство правильности своей интерпретации.

Казалось бы, история с объяснением барометрического давления закончена. Но она получила неожиданно продолжение. У Бойля был ученик, молодой человек по имени Тоунлей, которого Бойль обучал основам физики и математики. Именно Тоунлей, изучая таблицу опытов Бойля, подметил, что объемы сжимаемого воздуха пропорциональны высоте давящего на воздух столбика ртути. После этого Бойль увидел свои опыты в новом ракурсе. Столбик ртути — это своеобразный поршень, сжимающий воздух, и вес столбика соответствует давлению. Поэтому пропорция в табличных данных означает зависимость между величиной давления и объема газа. Так было получено соотношение $PV = \text{const}$, которое Бойль подтвердил множеством опытов с давлениями, большими и меньшими атмосферного.

Примерно в этот же период Мариотт повторил опыты Бойля, используя небольшие давления в экспериментах с различными газами и получил тот же результат.

Аппаратура, которой пользовались и Бойль, и Мариотт, не позволяла осуществить эксперименты с давлениями, значительно большими атмосферного. Но если бы они имели возможности произвести такие эксперименты, то обнаружили бы нарушение открытой зависимости, и тогда никто не стал бы ее интерпретировать как закон.

Еще раз подчеркнем, что зависимость, открытая Бойлем, была вероятностно-истинным знанием, обобщением такого же типа, как утверждение “все лебеди белые”, которое было справедливым, пока не открыли черных лебедей. Теоретический же закон $PV = \text{const}$ был получен позднее, когда была построена модель идеального газа.

Вывел этот закон физик Д.Бернулли (академик Санкт-Петербургской Императорской академии) в 1730 г. Он исходил из атомистических представлений о газе и представил частицы газа в качестве материальных точек, соударяющихся наподобие упругих шаров.

К идеальному газу, находящемуся в идеальном сосуде под давлением, Бернулли применил законы ньютоновской механики и путем расчетов получил формулу $PV = \text{const}$. Это была та же самая формула, которую уже ранее получил Р.Бойль. Но смысл ее был уже иной. У Бойля $PV = \text{const}$ соотносилась со схемой реальных экспериментов и таблицами их результатов. У Бернулли она была связана с теоретической моделью идеального газа. В этой модели были выражены существенные характеристики поведения любых газов при относительно небольших давлениях. И закон, непосредственно описывающий эти существенные связи, выступал уже как достоверное, истинное знание.

Сказанному можно придать характер общего утверждения.

Поскольку предсказательная сила индуктивных обобщений всегда имеет только вероятностный характер, постольку простое расширение класса наблюдений, согласующихся с эмпирической зависимостью, не выводит ее из ранга гипотетического предположения о законе и не придает ей признака необходимости. Этот переход возможен лишь тогда, когда связь между величинами, представленными в эмпирической зависимости, будет получена в системе операций над абстрактными объектами теоретической схемы, которая является идеализированной моделью исследуемой реальности.

Таким образом, в качестве фундаментальной проблемы теории познания и методологии науки выдвигается проблема происхождения теоретических схем. На первый взгляд кажется очевидным, что источник их происхождения нужно искать в обобщении опыта, поскольку они создаются для описания уже известных данных

опыта и предсказания новых результатов. Задача состоит лишь в том, чтобы раскрыть, как осуществляется это обобщение.

Однако именно здесь и возникают основные трудности. К теоретическим схемам в первую очередь относится та характерная особенность возникновения теоретических знаний, которая заключается в невозможности вывести их из опыта чисто индуктивным путем.

Уже в простейшем случае с законом $pV = const$ видно, что используемая в процессе теоретического доказательства модель, в которой взаимодействие молекул газа представлено как соударение абсолютно упругих и бесконечно малых тел, не могла быть почерпнута непосредственно из опытов Бойля и Мариотта, хотя и была необходима для объяснения этих опытов. Еще более отчетливо эта особенность построения теоретических схем прослеживается в современной физике. Даже беглое знакомство с ее историей позволяет обнаружить специфику построения фундаментальных абстрактных объектов, образующих ее теоретические схемы. Нетрудно убедиться, что такие объекты, как, например, электронно-позитронное поле, энергия вакуума в квантовой электродинамике или четырехмерный пространственно-временной континуум в электродинамике Эйнштейна — Лоренца и т. п., первоначально вводились из теоретических соображений и лишь в дальнейшем получали эмпирическое обоснование. Но тогда перед теорией познания и методологией науки возникает задача объяснить, почему созданная таким способом система абстрактных объектов (теоретическая схема) может служить основой для предсказания данных опыта? Именно на этом пути нужно искать ключ к пониманию методов построения теории.

На наш взгляд, первые шаги в этом направлении должны быть связаны с анализом роли теоретических схем в рамках уже сложившихся знаний, когда последние используются для объяснения и предсказания реальных явлений. Поскольку в процессе объяснения и предсказания теоретические схемы соотносятся с изучаемой действительностью, постольку указанный анализ позволит выявить признаки, гарантирующие объективную ценность теоретических схем, что, в свою очередь, может послужить отправной базой для выяснения их генезиса.

Теоретические схемы и опыт.

Операциональный статус теоретических схем

Теоретические знания создаются именно для того, чтобы объяснять и предсказывать результаты опыта и поэтому должны сопоставляться с эмпирическим материалом. Однако само по себе такое сопоставление отнюдь не является простой процедурой.

Допустим, что по формуле Био—Савара, выражающей закон магнитного действия тока, нужно рассчитать угол отклонения магнитной стрелки, находящейся вблизи прямолинейного провода, когда по нему проходит ток определенной силы (опыт Био—Савара).

Поскольку смысл формулы, выражающей закон Био—Савара, связан с корреляциями абстрактных объектов, образующих теоретическую схему (“дифференциально-малый ток” и “магнитное поле, порождаемое током”), постольку эту формулу нельзя сразу применять для расчетов в эмпирической области. В подобных случаях следует предварительно истолковывать соответствующие величины математической формулировки закона как соотносимые с конкретной экспериментальной ситуацией. С этой целью из закона Био—Савара выводится промежуточное следствие — эмпирическая формула, в которую вместо величин, характеризующих дифференциально-малый ток и напряженность магнитного поля, введены новые величины, характеризующие отклонение магнитной стрелки на заданный угол и конфигурацию провода, определяющую

интегральное распределение тока. Только с этой эмпирической формулой, а не с законом Био—Савара, можно сравнивать эмпирические зависимости, полученные в реальном опыте.

Рассмотрим, в чем состоит смысл указанного эмпирического следствия, выведенного из теоретического закона. Оказывается, в эмпирической формуле появились особые конструкты, которые в отличие от абстрактных объектов теории уже не являются идеализациями и могут быть сопоставлены непосредственно с реальными объектами, взаимодействующими в опыте. Эти конструкты являются эмпирическими объектами. В своих связях они вводят особое представление экспериментальных ситуаций, которое будем называть *эмпирической схемой*.

Эмпирические объекты, хотя и сопоставляются с реальными предметами опыта, не тождественны последним. Они суть абстракции, существующие только в идеальном плане, как смысл знаков эмпирического языка науки. Так, реальная магнитная стрелка и провод с током обладают множеством признаков и свойств, но в рамках эмпирической схемы они представлены только по признакам “быть ориентированной магнитным полем” и, соответственно, “проводить ток определенной силы” и “иметь определенную конфигурацию”. Все остальные свойства данных объектов исключаются из рассмотрения. В связи с этим каждый элемент эмпирической схемы сопоставляется не просто одному единственному объекту, с которым оперирует в эксперименте исследователь, а классу таких объектов. Это значит, что схема соответствует не каждой данной в некоторый промежуток времени реальной экспериментальной ситуации, а *типу* такой ситуации (например, эмпирическая схема опыта с проводом и магнитной стрелкой относится к любому эксперименту с любым током заданной силы в прямолинейном проводе и с любой миниатюрной магнитной стрелкой). В эмпирической схеме представлены основные характеристики объектов, взаимодействующих в реальном опыте. Эта сторона эмпирической схемы особенно отчетливо прослеживается в случае, если учесть, что ее можно получить не только “сверху” — при выводе эмпирической зависимости из теоретического закона, но и “снизу” — как содержание эмпирической зависимости, возникшей в результате статистической обработки и интерпретации данных наблюдения. На этой проблеме следует остановиться специально, так как здесь мы сталкиваемся со сложной организацией эмпирического уровня исследований и соответствующих форм эмпирического знания.

Долгое время в философии науки в качестве фундамента, на котором вырастают и с которыми соотносятся научные теории, полагались наблюдения. Данные наблюдения именовались опытными данными, а также опытными фактами. Однако в 30-х годах нашего столетия в позитивистской философии дискуссия по проблеме протокольных предложений обнаружила неадекватность этих казалось бы очевидных представлений. Выяснилось, что эмпирические знания, представленные протокольными предложениями — высказываниями, фиксирующими в языковой форме данные непосредственного наблюдения, — не являются эмпирическим базисом теории и не тождественны эмпирическим фактам как особому виду эмпирического знания.

В протоколе наблюдения указывается, кто наблюдал, время наблюдения, описываются приборы, если они применялись в наблюдении, а протокольные предложения формулируются как высказывания типа: NN наблюдал, что после включения тока стрелка на приборе показывает цифру 5, NN наблюдал в телескоп на участке неба (с координатами x, y) яркое световое пятнышко и т.п.

Если, например, проводился социологический опрос, то в роли протокола наблюдения выступает анкета с ответом опрашиваемого. Если же в процессе наблюдения осуществлялись измерения, то каждая фиксация результата измерения эквивалентна протокольному предложению.

Анализ смысла протокольных предложений показал, что они содержат не только информацию об изучаемых явлениях, но и, как правило, включают ошибки наблюдателя, наложения внешних возмущающих воздействий, систематические и случайные ошибки приборов и т.п. Но тогда стало очевидным, что данные наблюдения, в силу того что они отягощены субъективными наложениями, не могут служить основанием для теоретических построений.

В результате была поставлена проблема выявления таких форм эмпирического знания, которые бы имели интерсубъективный статус, содержали бы объективную и достоверную информацию об изучаемых явлениях.

В ходе дискуссий было установлено, что такими знаниями выступают эмпирические факты. Именно они образуют эмпирический базис, на который опираются научные теории.

Факты фиксируются в языке науки в высказываниях типа: “сила тока в цепи зависит от сопротивления проводника”; “в созвездии Девы вспыхнула сверхновая звезда”; “более половины опрошенных в городе недовольны экологией городской среды” и т.п.

Уже сам характер фактофиксирующих высказываний подчеркивает их особый объективный статус по сравнению с протокольными предложениями. Но тогда возникает новая проблема: как осуществляется переход от данных наблюдения к эмпирическим фактам и что гарантирует объективный статус научного факта?

Постановка этой проблемы была важным шагом на пути к выяснению структуры эмпирического познания. Эта проблема активно разрабатывалась в методологии науки XX столетия. В конкуренции различных подходов и концепций она выявила многие важные характеристики научной эмпирии, хотя и на сегодняшний день проблема далека от окончательного решения.

Определенный вклад в ее разработку был внесен и позитивизмом, хотя нелишне подчеркнуть, что его стремление ограничиться только изучением внутренних связей научного знания и абстрагироваться от взаимоотношения науки и практики резко суживали возможности адекватного описания исследовательских процедур и приемов формирования эмпирического базиса науки.

Нам представляется, что деятельностный подход открывает больше возможностей для анализа. С позиций этого подхода мы и будем рассматривать структуру и функции каждого из отмеченных слоев эмпирического уровня познания. Начнем с более детального анализа подуровня наблюдений, который обеспечивает непосредственный контакт субъекта с исследуемыми процессами. Важно сразу же уяснить, что научное наблюдение носит деятельностный характер, предполагая не просто пассивное созерцание изучаемых процессов, а их особую предварительную организацию, обеспечивающую контроль за их протеканием.

Деятельностная природа эмпирического исследования на уровне наблюдений наиболее отчетливо проявляется в ситуациях, когда наблюдение осуществляется в ходе реального эксперимента. Целесообразно вначале более подробно рассмотреть, в чем заключается особенность экспериментального исследования как практической деятельности, структура которой реально выявляет те или иные интересующие исследователя связи и состояния действительности.

Предметная структура экспериментальной практики может быть рассмотрена в двух аспектах: во-первых, как взаимодействие объектов, протекающее по естественным законам, и, во-вторых, как искусственное, человеком организованное действие. В первом аспекте мы можем рассматривать взаимодействие объектов как некоторую совокупность связей и отношений действительности, где ни одна из этих связей актуально не выделена в качестве исследуемой. В принципе, объектом познания может служить любая из них. Лишь учет второго аспекта позволяет выделить ту или иную связь по отношению к целям познания и тем самым

зафиксировать ее в качестве предмета исследования. Но тогда явно или неявно совокупность взаимодействующих в опыте объектов как бы организуется в системе определенной цепочки отношений: целый ряд их реальных связей оказывается несущественным, и функционально выделяется лишь некоторая группа отношений, характеризующих изучаемый “срез” действительности.

Проиллюстрируем это на простом примере[26]. Допустим, что в рамках классической механики изучается движение относительно поверхности земли массивного тела небольших размеров, подвешенного на длинной нерастягивающейся нити. Если рассматривать такое движение только как взаимодействие природных объектов, то оно предстает в виде суммарного итога проявления самых различных законов. Здесь как бы “накладываются” друг на друга такие связи природы, как законы колебания, свободного падения, трения, аэродинамики (обтекание газом движущегося тела), законы движения в неинерциальной системе отсчета (наличие сил Кориолиса вследствие вращения Земли) и т.д. Но как только описанное взаимодействие природных объектов начинает рассматриваться в качестве эксперимента по изучению, например, законов колебательного движения, то тем самым из природы вычленяется определенная группа свойств и отношений этих объектов.

Прежде всего взаимодействующие объекты — Земля, движущееся массивное тело и нить подвеса — рассматриваются как носители только определенных свойств, которые функционально, самым способом “включения” их в “экспериментальное взаимодействие”, выделяются из всех других свойств. Нить и подвешенное на ней тело предстают как единый предмет — маятник. Земля фиксируется в данной экспериментальной ситуации как тело отсчета (для этого выделяется направление силы тяжести, которое задает линию равновесия маятника) и как источник силы, приводящий в движение маятник. Последнее в свою очередь предполагает, что сила тяжести Земли должна рассматриваться лишь в определенном аспекте. А именно, поскольку, согласно цели эксперимента, движение маятника представляется как частный случай гармонического колебания, то тем самым учитывается лишь одна составляющая силы тяжести, которая возвращает маятник к положению равновесия. Другая же составляющая не принимается во внимание, поскольку она компенсируется силой натяжения нити.

Описанные свойства взаимодействующих объектов, выступая в акте экспериментальной деятельности на передний план, тем самым вводят строго определенную группу отношений, которая функционально вычленяется из всех других отношений и связей природного взаимодействия. По существу описанное движение подвешенного на нити массивного тела в поле тяжести Земли предстает как процесс периодического движения центра массы этого тела под действием квазиупругой силы, в качестве которой фигурирует одна из составляющих силы тяготения Земли. Эта “сетка отношений”, выступающая на передний план в рассматриваемом взаимодействии природы, и есть та объектная структура практики, в рамках которой изучаются законы колебательного движения.

Допустим, однако, что то же самое движение в поле тяжести Земли тела, подвешенного на нити, выступает как эксперимент с маятником Фуко. В этом случае предметом изучения становится иная связь природы — законы движения в инерциальной системе. Но тогда требуется выделить совершенно иные свойства взаимодействующих фрагментов природы.

Фактически закрепленное на нити тело функционирует теперь только как движущаяся масса с фиксированным относительно Земли направлением движения. Строго говоря, при этом система “тело плюс нить в поле тяжести” уже не рассматривается как маятник (поскольку здесь оказывается несущественной с точки зрения изучаемой связи основная характеристика маятника — период его

колебания). Далее, Земля, относительно которой рассматривается движение тела, теперь фиксируется по иным признакам. Из всего многообразия ее свойств в рамках данного эксперимента оказываются существенными направление оси вращения Земли и величина угловой скорости вращения, задание которых позволяет определить кориолисовы силы. Силы же тяготения в принципе уже не играют существенной роли для целей экспериментального исследования кориолисовых сил. В результате выделяется новая “сетка отношений”, которая характеризует изучаемый в рамках данного эксперимента срез действительности. На передний план выступает теперь движение тела с заданной скоростью вдоль радиуса равномерно вращающегося диска, роль которого играет плоскость, перпендикулярная оси вращения Земли и проходящая через ту точку, где в момент наблюдения находится рассматриваемое тело. Это и есть структура эксперимента с маятником Фуко, позволяющего изучать законы движения в неинерциальной (равномерно вращающейся) системе отсчета.

Аналогичным образом в рамках анализируемого взаимодействия природы можно было бы выделить объектные структуры иного типа, если данное взаимодействие представить как разновидность экспериментальной практики по изучению, например, законов свободного падения или, допустим, законов аэродинамики (разумеется, отвлекаясь при этом от того, что в реальной экспериментальной деятельности такого рода опыты для данной цели не используются). Анализ таких абстрактных ситуаций хорошо иллюстрирует то обстоятельство, что реальное взаимодействие природы может быть представлено как своего рода “суперпозиция” различного типа “практических структур”, число которых в принципе может быть неограниченным.

В системе научного эксперимента каждая из таких структур выделяется благодаря фиксации взаимодействующих объектов по строго определенным свойствам. Эта фиксация, конечно, не означает, что у объектов природы исчезают все другие свойства, кроме интересующих исследователя. В реальной практике необходимые свойства объектов выделяются самим характером оперирования с ними. Для этого объекты, приведенные во взаимодействие в ходе эксперимента, должны быть предварительно выверены практическим употреблением на предмет существования у них свойств, стабильно воспроизводящихся в условиях будущей экспериментальной ситуации. Так, нетрудно видеть, что эксперимент с колебанием маятника мог быть осуществлен лишь постольку, поскольку предшествующим развитием практики было строго выявлено, что, например, сила тяжести Земли в данном месте постоянна, что любое тело, имеющее точку подвеса, будет совершать колебания относительно положения равновесия и т.п. Важно подчеркнуть, что вычленение этих свойств стало возможным лишь благодаря соответствующему практическому функционированию рассматриваемых объектов. В частности, свойство Земли быть источником постоянной силы тяготения многократно использовалось в человеческой практике, например, при перемещении различных предметов, забивании свай с помощью падающего груза и т.п. Подобные операции позволили функционально выделить характеристическое свойство Земли “быть источником постоянной силы тяжести”.

В этом смысле в экспериментах по изучению законов колебания маятника Земля выступает не просто как природное тело, а как своеобразный “искусственно изготовленный” объект человеческой практики, ибо для природного объекта “Земля” данное свойство не имеет никаких “особых привилегий” по сравнению с другими свойствами. Оно существует реально, но на передний план как особое, выделенное свойство выступает только в системе определенной человеческой практики. Экспериментальная деятельность представляет собой специфическую форму природного взаимодействия, и важнейшей чертой, определяющей эту

специфику, является именно то, что взаимодействующие в эксперименте фрагменты природы всегда предстают как объекты с функционально выделенными свойствами.

В развитых формах эксперимента такого рода объекты изготавливаются искусственно. К ним относятся в первую очередь приборные установки, с помощью которых проводится экспериментальное исследование. Например, в современной ядерной физике это могут быть установки, приготавливающие пучки частиц, стабилизированные по определенным параметрам (энергия, пульс, поляризация); мишени, бомбардируемые этими пучками; приборы, регистрирующие результаты взаимодействия пучка с мишенью. Для наших целей важно уяснить, что само изготовление, выверка и использование таких установок аналогичны операциям функционального выделения свойств у объектов природы, которыми оперирует исследователь в описанных выше экспериментах с маятником. В обоих случаях из всего набора свойств, которыми обладают материальные объекты, выделяются лишь некоторые свойства, и данные объекты функционируют в эксперименте только как их носители.

С таких позиций вполне правомерно рассматривать объекты природы, включенные в экспериментальную ситуацию, как “квазиприборные” устройства независимо от того, получены они искусственным путем или естественно возникли в природе независимо от деятельности человека. Так, в экспериментальной ситуации по изучению законов колебания Земля “функционирует” как особая приборная подсистема, которая как бы “приготавливает” постоянную силу тяготения (аналогично тому, как созданный человеком ускоритель при жестко фиксированном режиме работы будет генерировать импульсы заряженных частиц с заданными параметрами). Сам маятник играет здесь роль рабочего устройства, функционирование которого дает возможность зафиксировать характеристики колебания. В целом же система “Земля плюс маятник” может быть рассмотрена как своеобразная квазиэкспериментальная установка, “работа” которой позволяет исследовать законы простого колебательного движения.

В свете сказанного специфика эксперимента, отличающая его от взаимодействий в природе “самой по себе”, может быть охарактеризована так, что в эксперименте взаимодействующие фрагменты природы всегда выступают в функции приборных подсистем. Деятельность по “наделению” объектов природы функциями приборов будем в дальнейшем называть созданием приборной ситуации. Причем саму приборную ситуацию будем понимать как функционирование квазиприборных устройств, в системе которых испытывается некоторый фрагмент природы. И поскольку характер взаимоотношений испытываемого фрагмента с квазиприборными устройствами функционально выделяет у него некоторую совокупность характеристических свойств, наличие которых в свою очередь определяет специфику взаимодействий в рабочей части квазиприборной установки, то испытываемый фрагмент включается как элемент в приборную ситуацию.

В рассматриваемых выше экспериментах с колебанием маятника мы имели дело с существенно различными приборными ситуациями в зависимости от того, являлось ли целью исследования изучение законов колебания или законов движения в равномерно вращающейся системе. В первом случае маятник включен в приборную ситуацию в качестве испытываемого фрагмента, во втором он выполняет совершенно иные функции. Здесь он выступает как бы в трех отношениях: 1) само движение массивного тела (испытываемый фрагмент) включено в функционирование рабочей подсистемы в качестве ее существенного элемента (наряду с вращением Земли); 2) периодичность же движения маятника, которая в предыдущем опыте играла роль изучаемого свойства, теперь используется только для того, чтобы обеспечить стабильные условия наблюдения. В этом смысле колеблющийся маятник функционирует уже как приготавливающая приборная подсистема; 3) свойство

маятника сохранять плоскость колебания позволяет использовать его и в качестве части регистрирующего устройства. Сама плоскость колебания здесь выступает в роли своеобразной стрелки, поворот которой относительно плоскости вращения Земли фиксирует наличие кориолисовой силы. Такого рода функционирование взаимодействующих в опыте природных фрагментов в роли приборных подсистем или их элементов и выделяет актуально, как бы “выталкивает” на передний план, отдельные свойства этих фрагментов. Все это приводит к функциональному вычленению из множества потенциально возможных объектных структур практики именно той, которая репрезентирует изучаемую связь природы.

Такого рода связь выступает как объект исследования, который изучается и на эмпирическом, и на теоретическом уровнях познавательной деятельности. Выделение объекта исследования из совокупности всех возможных связей природы определяется целями познания и на разных уровнях последнего находит свое выражение в формулировке различных познавательных задач. На уровне экспериментального исследования такие задачи выступают как требование зафиксировать (измерить) наличие какого-либо характеристического свойства у испытуемого фрагмента природы. Однако важно сразу же уяснить, что объект исследования всегда представлен не отдельным элементом (вещью) внутри приборной ситуации, а всей ее структурой.

На примерах, разобранных выше, по существу было показано, что соответствующий объект исследования — будь то процесс гармонического колебания или движение в неинерциальной системе отсчета — может быть выявлен только через структуру отношений, участвующих в эксперименте природных фрагментов.

Аналогичным образом обстоит дело и в более сложных случаях, относящихся, например, к экспериментам в атомной физике. Так, в известных опытах по обнаружению комптон-эффекта предмет исследования — “корпускулярные свойства рентгеновского излучения, рассеянного на свободных электронах”, — определялся через взаимодействие потока рентгеновского излучения и рассеивающей его графитной мишени при условии регистрации излучения особым прибором. И только структура отношений всех этих объектов (включая прибор для регистрации) репрезентирует исследуемый срез действительности. Такого рода фрагменты реальных экспериментальных ситуаций, использование которых задает объект исследования, будем называть в дальнейшем *объектами оперирования*. Данное различие позволит избежать двусмысленности при использовании термина “объект” в процессе описания познавательных операций науки. В этом различии фиксируется тот существенный факт, что объект исследования не совпадает ни с одним из отдельно взятых объектов оперирования любой экспериментальной ситуации. Подчеркнем также, что объекты оперирования по определению не тождественны “естественным” фрагментам природы, поскольку выступают в системе эксперимента как своеобразные “носители” некоторых функционально выделенных свойств. Как было показано выше, объекты оперирования обычно наделяются приборными функциями и в этом смысле, будучи реальными фрагментами природы, вместе с тем выступают и как продукты “искусственной” (практической) деятельности человека.

Наблюдения выступают в этом случае не просто фиксацией некоторых признаков испытуемого фрагмента. Они несут неявно информацию и о тех связях, которые породили наблюдаемые феномены.

Конечная цель естественнонаучного исследования состоит в том, чтобы найти законы (существенные связи объектов), которые управляют природными процессами, и на этой основе предсказать будущие возможные состояния этих

процессов. Поэтому если исходить из глобальных целей познания, то предметом исследования нужно считать существенные связи и отношения природных объектов.

Но на разных уровнях познания такие связи изучаются по-разному. На теоретическом уровне они отображаются “в чистом виде” через систему соответствующих абстракций. На эмпирическом они изучаются по их проявлению в непосредственно наблюдаемых эффектах. Поэтому глобальная цель познания конкретизируется применительно к каждому из его уровней. В экспериментальном исследовании она выступает в форме специфических задач, которые сводятся к тому, чтобы установить, как некоторое начальное состояние испытуемого фрагмента природы при фиксированных условиях порождает его конечное состояние. По отношению к такой локальной познавательной задаче вводится особый предмет изучения. Им является объект, изменение состояний которого прослеживается в опыте. В отличие от предмета познания в глобальном смысле его можно было бы называть предметом эмпирического знания. Между ним и предметом познания, единым как для эмпирического, так и для теоретического уровней, имеется глубокая внутренняя связь.

Когда в эксперименте и наблюдении исследователь регистрирует конечное состояние O_2 испытуемого объекта, то при наличии фиксированной приборной ситуации и начального O_1 состояния объекта это эквивалентно нахождению последнего недостающего звена, которое позволяет охарактеризовать структуру экспериментальной деятельности. Определив эту структуру, исследователь тем самым неявно выделяет среди многочисленных связей и отношений природных объектов связи (закономерности), которые управляют изменением состояний объекта эмпирического знания. Переход объекта из состояния O_1 в состояние O_2 не произволен, а определен законами природы. Поэтому, многократно зарегистрировав в эксперименте и наблюдении изменение состояний объекта, исследователь неявно фиксирует самой структурой деятельности и соответствующий закон природы.

Объекты эмпирического знания выступают здесь в качестве своеобразного индикатора предмета исследования, общего как для эмпирического, так и для теоретического уровней.

Разумеется, это становится возможным только при условии, когда отсутствуют неконтролируемые возмущающие воздействия, искажающие результат эксперимента.

Но в реальном исследовании, даже при самом тщательном соблюдении условий чистоты эксперимента, нет гарантий, что не появится случайная внешняя помеха, искажающая протекание изучаемого процесса. Тогда отдельно взятое наблюдение может предстать как итог влияния этой искажающей помехи. Кроме того возможны случайные и систематические ошибки приборов, применяемых в эксперименте и наблюдении, и, наконец, субъективные ошибки самого наблюдателя.

В силу всех этих случайностей и субъективных наслоений данные наблюдения не могут быть непосредственным эмпирическим базисом для теории. Такой базис составляют эмпирические знания иного типа — эмпирические зависимости и факты, которые образуют особый слой эмпирического уровня науки, возвышающимся над слоем данных наблюдения.

Переход от данных наблюдения к эмпирическим зависимостям и научному факту предполагает элиминацию из наблюдений содержащихся в них субъективных моментов (связанных с возможными ошибками наблюдателя, случайными помехами, искажающими протекание изучаемых явлений, ошибками приборов) и получение достоверного объективного знания о явлениях.

Такой переход предполагает довольно сложные познавательные процедуры. Чтобы получить эмпирический факт, необходимо осуществить по меньшей мере два типа операций. Во-первых, рациональную обработку данных наблюдения и поиск в

них устойчивого, инвариантного содержания. Для формирования факта необходимо сравнить между собой множество наблюдений, выделить в них повторяющиеся признаки и устранить случайные возмущения и погрешности, связанные с ошибками наблюдателя. Если в процессе наблюдения производится измерение, то данные наблюдения записываются в виде чисел. Тогда для получения эмпирического факта требуется определенная статистическая обработка результатов измерения, поиск среднестатистических величин в множестве этих данных.

Если в процессе наблюдения применялись приборные установки, то наряду с протоколами наблюдения всегда составляется протокол контрольных испытаний приборов, в котором фиксируются их возможные систематические ошибки. При статистической обработке данных наблюдения эти ошибки также учитываются, они элиминируются из наблюдений в процессе поиска их инвариантного содержания.

Поиск инварианта как условия формирования эмпирического факта свойствен не только естественнонаучному, но и социально-историческому познанию. Скажем, историк, устанавливающий хронологию событий прошлого, всегда стремится выявить и сопоставить множество независимых исторических свидетельств, выступающих для него в функции данных наблюдения.

Во-вторых, для установления факта необходимо истолкование выявляемого в наблюдениях инвариантного содержания. В процессе такого истолкования широко используются ранее полученные теоретические знания.

Рассмотрим две конкретные ситуации, иллюстрирующие эту роль теоретических знаний при переходе от наблюдений к факту.

Известно, что одним из важных физических открытий конца XIX века было обнаружение катодных лучей, которые (как выяснилось в ходе дальнейших исследований) представляют собой поток электронов. Экспериментируя с катодными лучами, У.Крукс зарегистрировал их отклонение под воздействием магнита. Полученные в этом опыте данные наблюдения были интерпретированы им как доказательство того, что катодные лучи являются потоком заряженных частиц. Основанием такой интерпретации послужили теоретические знания о взаимодействии заряженных частиц и поля, почерпнутые из классической электродинамики. Именно их применение привело к переходу от инварианта наблюдений к соответствующему эмпирическому факту.

Процедуру интерпретации данных наблюдения не следует путать с процессом формирования теории, которая должна дать объяснение полученному факту. Установление факта, что катодные лучи являются электрически заряженными частицами, не является теорией, хотя и получено с применением теоретических понятий.

Но тогда возникает очень сложная проблема, которая дискутируется сейчас в методологической литературе: получается, что для установления факта нужны теории, а они, как известно, должны проверяться фактами. Эта проблема решается только в том случае, если взаимодействие теории и факта рассматривается исторически. Безусловно, при установлении эмпирического факта используются полученные ранее достоверные теоретические знания, обоснованные другими фактами. Но только такие теоретические знания, которые были ранее проверены независимо. Что же касается новых фактов, то они могут служить основой для развития новых теоретических идей и представлений. В свою очередь новые теории, превратившиеся в достоверное знание, могут использоваться в процедурах интерпретации при эмпирическом исследовании других областей действительности и формировании новых фактов.

Таким образом, при исследовании структуры эмпирического познания выясняется, что не существует чистой научной эмпирии, не содержащей в себе

примесей теоретического. Но это является не препятствием для формирования объективно истинного эмпирического знания, а условием такого формирования.

Эмпирические зависимости и факты, в отличие от данных наблюдения, уже не соотносятся напрямую и непосредственно с конкретными приборными ситуациями конкретных, единичных экспериментов. Их отношение к реальным экспериментальным ситуациям опосредуется эмпирическими схемами, которые представляют собой особый вид модельных представлений, выражающих типовые черты некоторого класса реальных экспериментальных ситуаций, их предметную структуру. Именно с этими схемами непосредственно соотносятся эмпирические зависимости и эмпирические факты.

Обычно предварительный гипотетический вариант эмпирических схем формируется на этапе замысла эксперимента. Но после его осуществления и в процессе перехода от протоколов наблюдения к эмпирическим зависимостям и фактам происходит обоснование гипотетических вариантов эмпирических схем в качестве выражения существенных черт некоторой серии реальных экспериментов.

Поскольку в процессе статистической обработки данных наблюдения сравниваются между собой протоколы наблюдений и протокол, фиксирующий среднестатистические данные поведения приборной установки, постольку в результате таких сопоставлений все объекты, взаимодействующие в опыте — испытуемый фрагмент и (квази) приборные подсистемы, — оказываются определенными только по статистически инвариантным признакам. На этой основе выстраивается эмпирическая схема, обобщающая класс определенных экспериментальных взаимодействий. В этом смысле она буквально является *схемой* такого взаимодействия, изображающей его типические черты, реализующиеся в каждой конкретной экспериментально-измерительной ситуации. Вместе с тем эмпирическая схема может быть рассмотрена не только как модельное представление деятельности эксперимента и измерения, но и объективировано, как изображение естественного природного процесса взаимодействия, в котором испытуемый объект при заданных условиях переходит из состояния O_1 в состояние O_2 . Такой ракурс рассмотрения возникает в процессе интерпретации инварианта данных наблюдения при формировании факта.

Итак, эмпирические схемы выступают важным опосредующим звеном между теоретическими схемами и приборными ситуациями реальных экспериментов. Они могут быть получены как “сверху”, при выводе из теоретических законов эмпирических следствий, так и “снизу” как результат перехода от данных наблюдения к эмпирическим зависимостям и фактам. Отношение теоретических схем к эмпирическим и возможность рассмотрения последних в двух ракурсах (как модели экспериментальных ситуаций и как образа естественного природного процесса) позволяет в новом свете рассмотреть и природу теоретических схем. Каждая из них может быть сопоставлена с некоторым классом эмпирических схем (в примере с законом Био—Савара к этому классу относится не только схема опыта с прямолинейным проводом и магнитной стрелкой, но и схемы экспериментов с любыми формами проводников, по которым течет ток, и с любыми видами магнитов).

С этих позиций теоретическую схему можно рассматривать как инвариантное содержание эмпирических схем [27]. Учитывая, что последние выступают как изображение типовых черт экспериментально-измерительных ситуаций, в этом аспекте правомерно рассмотреть и отношения абстрактных объектов теоретической схемы. Тогда они предстанут в форме особого идеализированного эксперимента, выражающие наиболее общие и существенные черты реальной экспериментальной практики.

При анализе теоретических схем с этой точки зрения сразу обнаруживается их “операциональная” сторона. Схема осциллятора, например, выступает как модель, которая выражает существенные черты экспериментов с колебанием реальных маятников, натянутой струны, с периодическим сжатием и распрямлением пружины и т. д.

Предметная сторона всех этих реальных экспериментов в теоретической схеме представлена в форме мысленного эксперимента с материальной точкой, которая отклоняется от положения равновесия и вновь возвращается в исходное положение под действием квазиупругой силы. Фундаментальные схемы, лежащие в основании развитой теории, также можно истолковать как предельно идеализированное изображение типовых черт экспериментальных ситуаций, обобщаемых и предсказываемых в рамках этой теории. Так, максвелловская теоретическая схема может быть рассмотрена как мысленный эксперимент, аккумулирующий в себе существенные характеристики экспериментальных процедур, обобщенных в схемах амперовской электродинамики, кулоновской электростатики и магнитостатики, фарадеевской индукции и др.

Фундаментальная теоретическая схема ньютоновской механики, изображая механическое движение как перемещение материальной точки по континууму пространственных и временных точек системы отсчета под действием сил, представляла собой своеобразный мысленный эксперимент, который содержал самые общие существенные черты опытов по изучению различных сторон механического движения. В нем были обобщены практические операции перемещения тел по наклонной плоскости, колебания маятника, соударения тел, операции перевода потенциальной энергии в кинетическую при работе машин и т. д.

На эту сторону теоретических схем часто не обращается внимание потому, что в большинстве случаев сама форматеоретической модели как бы маскирует ее операциональную природу. Однако, если провести соответствующий анализ, эта природа сразу предстанет в отчетливой форме. Мы привыкли, например, рассматривать томсоновскую и резерфордовскую модели атома только как изображение некоторых сторон структуры атома. Однако внимательный анализ показывает, что каждая из этих моделей вместе с изображением структуры атома неявно вводит предельно абстрактную схему экспериментальных ситуаций, в рамках которых был выделен и изучался атом как особый фрагмент природы.

В модели Томсона атом изображается в виде осциллятора (положительно заряженная сфера с погруженными в нее электронами, способными отклоняться от положения равновесия), который взаимодействует с падающим на него излучением и способен генерировать излучение. Все основные признаки абстрактных объектов модели Томсона определены через их отношение к идеальному пробному излучению, которое репрезентирует на уровне теоретической модели реальные пучки света, фиксируемые в экспериментах по изучению закономерностей взаимодействия света с веществом. Следовательно, модель Томсона может быть представлена как абстрактное и схематизированное изображение существенных черт таких экспериментов[28].

С аналогичных позиций можно рассмотреть резерфордовскую планетарную модель атома. Она представляет собой теоретическую схему, образованную из следующих, связанных между собой абстрактных объектов: “центра потенциальных отталкивающих сил” (атомное ядро) и “элементарных отрицательных зарядов” (электронов). В этой модели абстрактный объект “атомное ядро” был определен по двум признакам: “нести положительный заряд” и “быть центром потенциальных отталкивающих сил”[29]. Принципиально важно, что последний признак имеет смысл лишь постольку, поскольку предполагается наличие пробного тела —

идеальной α -частицы, рассеивающейся на “центре потенциальных отталкивающих сил”.

Таким образом, главная отличительная характеристика Резерфордской модели атома — представление об атомном ядре — вводилась через описание мысленного эксперимента по рассеянию на системе ядро-электрон идеальной α -частицы. Этот эксперимент выражал существенные особенности реальных опытов по рассеянию на атоме тяжелых частиц, опытов, посредством которых были выявлены реальные особенности структуры атома.

Модель Резерфорда имплицитно содержала в себе идеализированную схему указанных опытов, и эта особенность модели прямо проявлялась в тех физических законах, которые можно было получить на ее основе. Главные уравнения, которые Резерфорд получил, опираясь на планетарную модель атома, и которые позволяли объяснять и предсказывать результаты реальных экспериментов, были выражением законов рассеяния на атоме тяжелых заряженных частиц.

Таким образом, модели Томсона и Резерфорда можно представить в форме мысленных экспериментов с атомом как осциллятором и с атомом как системой, рассеивающей тяжелые частицы. Каждый из этих экспериментов аккумулирует в себе существенные черты реальной экспериментально-измерительной практики, в рамках которой выявились соответствующие стороны реального атома. Они были объектом изучения в исследованиях Томсона и Резерфорда и представлены в соответствующих моделях атома.

В итоге мы пришли к важному выводу, согласно которому теоретические схемы имеют две неразрывно связанные между собой стороны: 1) они выступают как особая модель экспериментально-измерительной практики и 2) одновременно служат системным изображением предмета исследования, выражением сущностных связей исследуемой реальности.

Этот вывод проиллюстрирован только материалом физики. Тем не менее его формулировка в общей форме вполне оправдана, так как можно показать, что данное утверждение справедливо по отношению ко всем эмпирическим наукам. Правда, на первый взгляд может показаться, что содержание теоретических высказываний таких наук, как астрономия, не может быть истолковано как схема практики, поскольку здесь нет активного вмешательства субъекта в протекание природных процессов как необходимого условия практической деятельности. Однако при ближайшем анализе выясняется, что астрономические наблюдения, проводимые в целях проверки тех или иных теоретических схем, носят характер своеобразных квазиэкспериментальных процедур. В процессе таких наблюдений объекты природы применяются в функции квазиприборных устройств, в результате чего создается характерная для экспериментально-измерительной деятельности приборная ситуация.

Чтобы лучше уяснить это обстоятельство, напомним, что любую экспериментальную деятельность характеризует такое взаимодействие природных фрагментов, при котором они выступают как предметы-носители функционально выделенных свойств. В развитом физическом эксперименте такие предметы изготавливаются искусственно. Ими могут быть установки, приготавливающие пучки частиц с заданными параметрами (приготавливающая подсистема экспериментального устройства), мишени, бомбардируемые этими частицами (рабочая часть), приборы, регистрирующие результаты взаимодействия частиц с мишенью (регистрирующая часть экспериментального устройства).

Однако в функции средств экспериментальной деятельности могут применяться и естественные объекты природы, рассмотренные только со стороны их отдельных

свойств. В разобранный выше примере с изучением процессов колебания в экспериментах с маятником Земля как источник тяготения была использована в функции квазиприборной подсистемы, обеспечивающей появление квазиупругой (возвращающей) силы.

Похожая ситуация возникла в опытах Фарадея по электромагнитной индукции, когда обнаружилось свойство магнитного поля Земли порождать э.д.с. в проводниках, пересекающих его магнитные силовые линии. Здесь Земля также использовалась в качестве своеобразной квазиприборной установки. Она рассматривалась только как источник магнетизма, совмещая функции приготовляющей и рабочей части “приборной установки”. Само это свойство Земли было выявлено в предшествующих опытах с ориентацией магнитных стрелок. В рассматриваемых опытах оно было функционально выделено среди всех других многочисленных свойств Земли, благодаря чему стало возможным использовать нашу планету в функции особого фрагмента приборной ситуации.

Аналогичное использование объектов природы в функции своеобразных приборных устройств можно обнаружить и во многих современных физических опытах. Так, в опытах по исследованию нейтрино, излучаемых Солнцем, последнее рассматривалось как генератор нейтрино (приготовляющая подсистема). Исследование свойств нейтрино предполагало, что их нужно выделить среди других составляющих космического излучения. Для этой цели приборы-регистраторы погружались в шахту, и тогда кора Земли использовалась как особый экран, который задерживал все частицы космического излучения кроме нейтрино.

Систематические наблюдения в астрономии основаны на том же принципе применения естественных фрагментов природы в функции приборных подсистем.

В целях иллюстрации сказанного рассмотрим конкретный пример — наблюдение за рентгеновским излучением Крабовидной туманности, осуществленное в 1964 г. с целью выяснить, каков источник этого излучения [30]. На основе гипотезы о существовании нейтронных звезд было высказано предположение, что источником излучения может быть нейтронная звезда (практически точечный источник для земного наблюдателя), расположенная в Крабовидной туманности. Однако источником излучения мог быть и иной, протяженный источник, связанный с туманностью. Для выяснения характера излучающего источника было использовано покрытие Крабовидной туманности диском Луны. В этот момент было измерено изменение интенсивности сигнала, идущего от рентгеновского источника (рентгеновские счетчики, поднятые на ракетах, регистрировали число γ -квантов за единицу времени). Эмпирическая зависимость, выявленная при статистической обработке данных наблюдений, показала, что интенсивность излучения уменьшалась не резко, а постепенно.

Нетрудно видеть, что в рамках рассмотренного исследования наблюдатель смог получить информацию о характере излучения Крабовидной туманности лишь потому, что сконструировал из естественных процессов природы приборную ситуацию. Источник рентгеновского излучения, само это излучение и Луна, используемая в качестве своеобразного экрана, выступали в функции приготовляющей и рабочей подсистем “приборного устройства”. Регистрирующая часть была выражена прибором, искусственно созданным в практике. Вся система — “источник рентгеновского излучения в Крабовидной туманности”, “Луна” и “регистрирующие устройства на Земле” — представляли собой своего рода гигантскую экспериментальную установку, функционирование которой позволяло отыскать исследуемую зависимость.

Создание приборной ситуации в процессе эмпирических исследований в астрономии может быть проиллюстрировано и на других фактах. Показательно в этом отношении, например, наблюдение за поляризацией света звезд, проводимое с

целью изучения магнитного поля Галактики. Приборная ситуация, которая характеризовала этот опыт, была построена путем выделения в системе взаимодействий природы: а) магнитного поля Галактики и ориентированных им частиц в облаках межзвездной пыли; б) света, излучаемого звездой и проходящего через межзвездную пыль; в) приборов, регистрирующих эффекты поляризации. Отношения между совокупностями всех этих объектов можно рассматривать как гигантское квазиэкспериментальное устройство, “работа” которого позволяла выявить эмпирические зависимости, характеризующие магнитное поле Галактики (предмет исследования). В рамках данной ситуации эта “работа” заключалась в том, что взаимодействие света и ориентированных частиц межзвездной пыли порождало поляризацию света, по степени которой оказалось возможным судить о напряженности магнитного поля Галактики.

Несколько сложнее установить, как конструировалась приборная ситуация в эмпирических исследованиях астрономии на ранних этапах ее развития. Однако и здесь все происходило аналогичным образом. Так, даже простое визуальное наблюдение за перемещением планеты на небесном своде предполагало, что наблюдатель должен был предварительно выделить линию горизонта и метки на небесном своде (например, звезды), на фоне которых наблюдается движение планеты. Сами по себе эти операции, по существу, представляли небесный свод в виде своеобразной проградуированной шкалы, на которой фиксируется движение планеты как светящейся точки. Причем по мере проникновения в астрономическую науку математических методов градуировка небесного свода становится все более точной и удобной для проведения измерений. Уже к IV столетию возникает Зодиак, состоящий из 12 участков по 30 градусов, как стандартная шкала для описания движения Солнца и планет [\[31\]](#).

Любое систематическое научное наблюдение независимо от того, осуществляется ли оно в процессе эксперимента или вне эксперимента, предполагает конструирование приборной ситуации. Систематические наблюдения можно рассматривать в этом плане как квазиэкспериментальную деятельность. Что же касается случайных наблюдений, то они не достаточны для научного исследования. Они могут стать начальным импульсом к новым исследованиям, но при осуществлении таких исследований должны перерасти в систематические наблюдения. В случайных наблюдениях, как правило, регистрируется некоторый необычный эффект, но неизвестно, какие объекты участвуют во взаимодействии, порождающем данный эффект. Структура приборной ситуации здесь не определена, и неизвестен объект эмпирического исследования. Переход от случайного к систематическим наблюдениям предполагает построение приборной ситуации и четкую фиксацию объекта, изменение состояний которого изучается в опыте. Так, например, когда К.Янский в опытах по изучению грозových помех на межконтинентальные радиотелефонные передачи случайно натолкнулся на устойчивый радишум, не связываемый ни с какими земными источниками, то это случайное наблюдение дало импульс серии систематических наблюдений, конечным итогом которых было открытие радиоизлучения области Млечного Пути. Характерным моментом в осуществлении этих наблюдений было конструирование приборной ситуации.

Главная задача здесь состояла в том, чтобы определить источник устойчивого радишума. После установления его внеземного происхождения решающим моментом явилось доказательство, что таким источником не являются Солнце, Луна и планеты. Наблюдения, позволившие сделать этот вывод, были основаны на применении двух типов приборной ситуации. Во-первых, использовалось вращение Земли, толща которой применялась в наблюдении в функции экрана,

перекрывающего в определенное время суток Солнце, Луну и планеты (наблюдения показали, что в моменты такого перекрытия радиошум не исчезает). Во-вторых, в наблюдении исследовалось поведение источника радиошума при перемещении Солнца, Луны и планет на небесном своде относительно линии горизонта и неподвижных звезд. Последние в этой ситуации были использованы в качестве реперных точек (средств наблюдения), по отношению к которым фиксировалось возможное перемещение источника радиошума. Вся эта серия опытов позволила в конечном итоге идентифицировать положение источника с наблюдаемыми в каждый момент времени суток и года положениями на небосводе Млечного Пути.

Характерно, что в последнем шаге исследований К.Янского уже была четко обозначена предметная структура наблюдения, в рамках которой изучаемый эффект (радиошум) был представлен как радиоизлучение Млечного Пути. Было выделено начальное состояние объекта эмпирического знания — положение источника радиошума на небесном своде в момент T_1 , конечное состояние — положение источника в момент T_2 и приборная ситуация (в качестве средств исследования фиксировались: небесный свод с выделенным на нем расположением звезд, линия горизонта, Земля, вращение которой обеспечивало изменение положений радиоисточника по отношению к наблюдателю, и наконец, приборы — регистраторы радиоизлучения). Наблюдения с жестко фиксированной структурой названного типа позволили раскрыть природу случайно обнаруженного эффекта радиоизлучения Млечного Пути.

Таким образом, путь от случайной регистрации нового явления к выяснению основных условий его возникновения и его природы проходит через серию наблюдений, которые отчетливо предстают в качестве квазиэкспериментальной деятельности.

Анализ ситуаций систематического наблюдения, осуществляемого вне эксперимента, позволяет унифицировать подход к эмпирическим основаниям теории и операциональной трактовке теоретических схем. Тогда и теоретические модели астрономии вполне правомерно рассматривать не только как отражение исследуемого объекта, но и как обобщенную схему предметной стороны наблюдения, выступающей в функции экспериментально-измерительных ситуаций, в рамках которых выявлен данный объект.

Как и в любой познавательной деятельности, здесь проявляется фундаментальный принцип, согласно которому объект познания определен лишь относительно некоторой системы деятельности. Познающему субъекту предмет исследования всегда дан в форме практики, и поэтому у него нет иного способа видения действительности, кроме как сквозь призму этой практики. Поэтому во всех слоях научного знания содержится схематизированное и идеализированное изображение существенных черт практики, которое вместе с тем (а вернее, в силу этого) служит изображением исследуемой действительности. Это изображение на каждом из уровней исследования предстает в особой форме. Так, в реальном эксперименте предмет исследования представлен через корреляции взаимодействующих в эксперименте объектов. Например, магнитное действие тока, изучаемое в опытах Био и Савара, задано через отношение реального провода к реальной магнитной стрелке, которая приобретает вращательный момент в период прохождения тока по проводу.

На следующем уровне исследований, в слое эмпирических схем, изучаемый предмет репрезентирован через корреляции эмпирических конструкторов, образующих эмпирическую схему. Так, магнитное действие тока в эмпирических схемах Био и Савара было изображено посредством таких конструкторов, как прямолинейный провод с током и пробная магнитная стрелка, с указанием их отношений как смысла соответствующей эмпирической формулы. Затем в слое

величин в терминах реальных измерений и должны быть тождественны описанию измерительных ситуаций, проводимых с определенным типом реальных экспериментальных устройств. На этой основе возник главный тезис операционализма: “Понятие есть синоним соответствующей совокупности операций”[32].

Концепция операционализма была подвергнута критическому анализу как с философских, так и с логико-методологических позиций[33]. Было выявлено главное противоречие, к которому приводит указанная концепция. Это противоречие заключается в следующем. Одна и та же физическая величина может быть измерена различными способами, и если ее определять через описание реальной экспериментально-измерительной процедуры, то появляется множество различных определений величины и нужно специально доказать, что это — определения одной и той же величины. Например, рецепт измерения расстояний путем использования жесткой линейки и радиолокационным способом различен, но физическая величина, обозначающая расстояние, в обоих случаях одна и та же.

В самом же указании на определение физических величин через реальные процедуры измерения не содержится правил отождествления таких измерений. Поэтому, если принять концепцию операционализма, то нужно считать, что одна и та же величина, измеренная разными способами, суть две разные и неотожествимые величины.

В добавление к сказанному отметим, что определение величин по рецепту, первоначально предложенному Бриджменом, может определить лишь смысл этих величин внутри эмпирического слоя исследований. Но этот рецепт не позволяет решить главную задачу: перейти от эмпирического уровня к теоретическому и наоборот.

В развитой науке, сформировавшей теоретический уровень исследований, величины, которые фигурируют в теории и связаны с опытом, имеют два смысла — эмпирический и теоретический. Их теоретический смысл соответствует признакам и корреляциям абстрактных объектов теории, а их эмпирический смысл — корреляциям эмпирических объектов, отображенных на реальные предметы экспериментально-измерительных ситуаций. Например, в теории Максвелла величина \mathbf{H} , обозначающая напряженность магнитного поля в точке, получает определения через отношения к векторам \mathbf{E} (напряженность электрического поля), \mathbf{J} (плотность заряда-тока), \mathbf{B} (магнитная индукция) и \mathbf{D} (электрическая индукция). На эмпирическом уровне величина магнитного поля в точке определяется иначе. Она может быть задана, например, через поворот магнитной стрелки в опыте Био—Савара или через отдачу катушки Гельмгольца при измерениях величины магнитного поля в других аналогичных опытах. Чтобы связать эти два смысла физической величины, нужно уметь переходить от абстрактных объектов теории к объектам, которыми оперирует экспериментатор. Одним только описанием операций реального измерения такие переходы не обеспечиваются. Характерно, что Бриджмен вынужден был признать, что значение теоретических терминов не может быть сведено к описанию измерений, проводимых в реальном эксперименте[34]. Тогда он расширил понимание операциональных определений и включил в их состав так называемые “бумажно-карандашные” операции (вычисления, производимые в рамках мысленного эксперимента и необходимые для перехода от величин теоретического уровня к результатам опыта). Но при этом само понимание операциональных определений стало расплывчатым, и их структура осталась невыясненной. Недостатки бриджменовской концепции породили настороженное отношение некоторых философов и логиков к самому понятию “операциональные определения”. Высказывалось даже мнение, что операциональных определений вообще не существует в научной теории. Такую

концепцию развивал, например, М. Бунге. Правильно отмечая ограниченность бриджменовского подхода к анализу правил соответствия и критикуя философию операционализма, Бунге заключил, что “человек и его операции... не имеют места при отображении физической реальности в понятиях” и что операциональные определения “вообще никогда не существовали” в теории[35]. Столь “радикальная критика” бриджменовской концепции операциональных определений полагает, что в ней вообще не имеется рациональных моментов. На наш взгляд, такая оценка является односторонней. Из факта несводимости теоретических понятий к операциям измерения еще не следует, что понятия вообще не содержат никакой операциональной компоненты и что теория может обойтись без операциональных определений.

Отбрасывая термин “операциональные определения”, М. Бунге говорит о правилах отображения теории на объекты опыта, о согласовании теории как целого с опытными данными. Но тогда возникает вопрос: в чем заключаются такие правила и как обеспечивается связь теории с опытом?

Дело не в том, чтобы заменить термин “операциональные определения” другим термином, который характеризует рецептуру связи тех или иных теоретических понятий с опытом, а в том, чтобы проанализировать структуру операциональных определений, раскрыть природу правил соответствия, связывающих теорию с опытом.

Бунге, по существу, ушел от решения этих вопросов и во многом потому, что сама “философия реализма”, которую он отстаивает и развивает, наряду с ее положительным содержанием (признание объективной реальности и ее отражения в понятиях) страдает рядом ограничений. Одним из них является игнорирование практически-деятельностной основы теоретического освоения объектов, того, что объект всегда дан познающему субъекту в форме практики. Этим и продиктован вывод Бунге, что отражение физической реальности в понятиях не имеет отношения к операциям человеческой деятельности. В свою очередь, такая установка закрывала путь к анализу структуры правил соответствия.

Недостаточно детальный анализ структуры правил соответствия теоретических величин и наблюдений часто приводит к неточностям методологического характера даже в весьма известных и квалифицированных работах. Так, Л.И. Мандельштам в своих интересных и насыщенных глубокими философскими размышлениями лекциях по квантовой механике справедливо указывал, что всякая физическая теория включает не только математический аппарат, но и рецепты связи физических величин с опытом. Однако в самой характеристике таких рецептов он допустил определенную неточность. Интуиция физика подсказывала ему, что связь теории с опытом не может быть осуществлена вне учета специфики реальной экспериментально-измерительной деятельности. Поэтому Мандельштам определил рецепты связи с опытом величин, которые представлены в уравнениях теории, как “конкретные операции с конкретными вещами”, когда выбираются “конкретные вещи в качестве эталонов” и применяются “конкретные измерительные процессы — определение координаты, времени и т. д. при помощи твердых масштабов, часов и т. д.”[36]. Такое определение допустимо только как указание на необходимость учесть в теории особенности реального опыта, но без дальнейших уточнений оно становится тождественным определению, которое было дано в ранних работах Бриджмена. Реальные измерительные процедуры действительно предполагаются рецептами связи физических величин с опытом, но такие рецепты не сводятся к указанным процедурам. Правда, если внимательно ознакомиться с конкретными примерами указанных рецептов, которые приводит Мандельштам для разъяснения

высказанного им тезиса, то обнаруживается чрезвычайно интересный и важный момент. Оказывается, рецепты связи физических величин теории с опытом — это описание не реальных, а идеализированных измерительных ситуаций, которые соответствуют реальным ситуациям эксперимента и измерения.

В этом заключается одна из важных особенностей правил соответствия. Именно за счет таких мысленных экспериментов и идеализаций устанавливается связь между реальными измерениями и теоретическими объектами.

Ключ к расшифровке правил соответствия и смысла операциональных определений состоит в учете основных уровней схематизации эксперимента в языке науки и в понимании того факта, что объект каждого верхнего уровня выступает в качестве характеристики корреляций объектов соответствующего ему “нижнего” слоя языка. Причем переход от эмпирического уровня к теоретическому всегда предполагает идеализацию и замещение реальной схемы эксперимента идеализированной схемой. Идеализация позволяет отделить существенные характеристики изучаемых в эксперименте взаимодействий от случайных и заменяющих факторов, благодаря чему операционально определяемые термины теории предстают как выражение существенных признаков и отношений указанных взаимодействий. Следы всех этих достаточно сложных операций можно обнаружить при анализе смысла конкретных операциональных определений физических величин. Так, операциональное определение напряженности электрического поля как термина уравнений Максвелла дается не через описание измерений с применением реального прибора, например электрометра (как это часто считают), а через описание отношений электрического поля в точке к пробному заряду. В свою очередь, “электрическое поле в точке” и “пробный заряд” — это конструкторы, типичные для частных теоретических схем теории Максвелла, в которых характеризуются отношения зарядов и электрического поля. Что же касается определений данных конструкторов (таких, как пробный заряд), то эти определения выступают уже в качестве характеристики особых корреляций эмпирических объектов. Например, пробный заряд — “это такое воздействие одного массивного заряженного тела на другое, при котором в силу малости обратного воздействия второго тела на первое можно пренебречь этим воздействием” (идеализация реального опыта). Только определение эмпирических объектов можно дать через описание устройства реальных приборов и реальных процедур измерения. Операциональные определения физических величин включают в себя всю эту иерархию определений в сжатом виде. Благодаря этому они характеризуют способ отображения абстрактных объектов теории на реальные отношения объектов эксперимента и измерения.

Итак, если подвести итог сказанному, то мы вправе рассматривать теоретические схемы науки как своеобразные модели практических ситуаций, на объяснение и предсказание которых они претендуют. Но теоретические схемы имеют не только операциональный статус. Они всегда воспринимаются исследователем, принявшим ту или иную теорию, в качестве представления исследуемой предметной области, как образ его сущностных связей. И тогда возникает особая проблема объективации теоретических схем.

При анализе этой проблемы (отношений между теоретическими знаниями и исследуемой действительностью) важно учитывать факт существования двух уровней организации теоретических знаний. Один из них образует развитая теория. Второй — теоретические знания, представленные частными теоретическими схемами и связанными с ними законами. Как показывает история науки, они могут генетически предшествовать развитой теории и выступать в качестве самостоятельных образований, фиксируемых в соответствующем теоретическом языке. Так, схема силового взаимодействия тока была введена Ампером задолго до

создания максвелловской электродинамики, а модель простого колебания построена Гюйгенсом задолго до механики Ньютона. Аналогичным образом до создания квантовой механики различные аспекты квантовомеханических процессов описывались и объяснялись с помощью таких теоретических схем, как боровская модель атома, модели фотоэффекта, комптон-эффекта, излучения абсолютно черного тела и т. д. При построения развитой теории предшествующие ей частные теоретические схемы трансформируются и включаются в состав теории в качестве компонентов ее содержания.

Принимая во внимание двухуровневую организацию теоретических знаний и наличие генетических связей между уровнями, рассмотрим, как относятся теоретические схемы к исследуемой действительности.

Важнейшая особенность теоретических схем состоит в том, что они являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий. Благодаря теоретической схеме в науке складывается особое видение изучаемой действительности. Последняя представлена в теории в форме идеализированного предмета, обладающего строго определенной структурой. В методологических и философских исследованиях эта сторона теоретического освоения действительности описана достаточно подробно.

Установлено, что в основании теории всегда лежит модель изучаемой реальности, наделенная “небольшим числом свойств и простой структурой”. Основная функция данной модели — служить идеализированным представлением объекта исследования и быть средством получения о нем теоретических знаний[37].

Вычленение теоретических схем как системного изображения исследуемой в теории реальности продолжает уже существующую философско-методологическую традицию. Новым моментом анализа является не само обнаружение указанной схемы, а попытка более конкретно рассмотреть ее внутреннюю структуру.

Именно эта структура, т. е. отношение абстрактных объектов теоретической схемы, представляет в рамках теории изучаемую в ней объективную реальность. Поэтому, когда исследователь характеризует предмет той или иной теории, он описывает его в терминах абстрактных объектов соответствующей теоретической схемы. Если, например, спросить у физика, что он понимает под электромагнитными процессами как предметом исследования классической электродинамики, то ответ будет сводиться примерно к следующему: это — взаимодействия электрического и магнитного полей между собой и электрическими зарядами (дифференциально-малыми токами). При дальнейшем уточнении этого определения взаимодействие электрического, магнитного полей и зарядов будет охарактеризовано как изменения во времени векторов электрической и магнитной напряженности и плотности тока в точке. Тем самым будет дано дифференцированное описание теоретической схемы, лежащей в фундаменте классической электродинамики. Именно это описание и очерчивает исследуемый в теории предмет, характеризуя его существенные стороны и отношения.

Данный предмет будем отличать от тех абстрактных объектов, которые являются элементами теоретической схемы. Ни один из абстрактных объектов фундаментальной теоретической схемы электродинамики изолированно от других не представляет в познании структуры электромагнитных процессов; ее репрезентирует лишь вся сетка связей и отношений указанных абстрактных объектов, т. е. теоретическая схема как целое.

Эту же особенность теоретической схемы можно выявить, обратившись к уже рассмотренным образцам теоретического знания. Нетрудно установить, например, что лишь вся совокупность отношений между элементами осциллятора (материальной точкой, квазиупругой силой и системой отсчета), а не каждый из этих объектов в отдельности, может служить изображением “процесса простого

колебания” как предмета исследования теории механических колебаний. Чтобы отличить абстрактные объекты, с которыми оперирует исследователь в рамках теоретической схемы, от изучаемого предмета, системно-структурное изображение которого дает схема в целом, мы будем называть первые объектами оперирования, а вторые — предметами исследования.

Теоретические схемы воспринимаются в качестве изображения предмета исследования благодаря особой процедуре их объективирования. Чтобы выяснить особенности этой процедуры и ее роль в построении теории, обратимся вначале к конкретному историческому примеру.

Так, при первом знакомстве с механикой Г. Герца создается впечатление, что применяемая здесь исходная теоретическая схема является весьма искусственным изображением механических процессов. Герц строит всю механику на основе такой системы фундаментальных абстрактных объектов, где заданы только корреляции материальных точек (масс) к пространству и времени. Состояние движения материальной системы характеризуется в теории Герца как перемещение материальных точек с постоянной скоростью по геодезическим линиям (“прямейшим путям”)[38]. Идея Герца заключалась в том, чтобы любое движение механической системы описать, как свободное движение по одному из возможных “прямейших путей”. При таком описании сила заменяется связью между взаимодействующими системами и выражается через характеристику кривизны пути, по которому движется система, ограниченная связями.

Сила и энергия в механике Герца уже не являются основными понятиями, посредством которых описываются состояние и изменение состояния системы; они — вторичные понятия и могут быть в принципе элиминированы за счет редукции к основным понятиям (“массе”, “пространству” и “времени”)[39].

Герц показывает, что, исходя из предложенной им теоретической схемы, можно получить известные законы механики и доказать в качестве теорем принцип Гамильтона и принцип наименьшего действия Эйлера — Лагранжа как в классической форме, так и в форме принципа Якоби. Казалось бы, этих аргументов достаточно, чтобы обосновать теорию как выражение сущности механических процессов. Тем не менее Герц включает в изложение своей теории одно обоснование. Он отмечает, что после успехов теории электромагнитного поля в физике утвердилось представление о процессах природы как взаимодействии “весомых тел” (атомов, молекул, макротел) с мировой средой-эфиром, которая служит посредником в передаче взаимодействий одного тела на другое[40]. Все, что физика ранее называла передачей сил, является движением в мировой среде (эфире)[41]. Поэтому силовые воздействия одного наблюдаемого тела на другое можно представить как движение частиц-масс мировой среды. Согласно Герцу, если дополнить каждую наблюдаемую механическую систему скрытой материальной системой, носителем которой является эфир, можно в любом случае рассмотреть движение системы как свободное (естественное) движение по одному из возможных “прямейших путей”[42].

Благодаря этим разъяснениям, предложенная Герцем теоретическая схема механического движения начинает восприниматься как адекватное и естественное видение природы механических процессов.

Нетрудно заметить, что объективация теоретической схемы была достигнута за счет ее связи с некоторой системой общих представлений об “устройстве” природы, посредством которых все природные процессы изображались как взаимодействие тел и эфира. Система таких представлений является особым компонентом научного знания и образует физическую картину мира. Здесь мы подошли к особой проблеме — оснований науки и научной картины мира как компонента этих оснований.

Примечания

[1] См., например: *Margenau H. The Nature of Physical Reality. N.Y.-L., 1950. P.86.*

[2] Если учесть, что корреляции абстрактных объектов теории идентичны смыслу ее высказываний, то невозможность появления у таких объектов признаков, несовместимых с первоначально введенными, будет соответствовать известному требованию непротиворечивости высказываний внутри теории.

[3] *Margenau H. The Nature of Physical Reality. N.Y.-L., 1950. С. 85.*

[4] *Рокицкий П.Ф., Савченко В.К., Добица А.И. Генетическая структура популяций и ее изменения при отборе. Минск, 1977. С. 12.*

[5] См.: *Харрис Л. Денежная теория. М., 1990. С. 139—156*

[6] См.: *Харрис Л. Денежная теория. С.578—579, 580—595.*

[7] *Розин В.М. Специфика и формирование естественных, технических и гуманитарных наук. Красноярск, 1989.*

[8] Там же. С. 40—46, 48—65.

[9] Там же. С. 48—53.

[10] Ньютон в своих “Началах” уже в исходном определении пространства и времени отметил, что в механике физическое пространство тождественно “истинному”, или “математическому пространству”, а физическое время — “истинному”, или “математическому времени”.

[11] О процедурах конструирования модели малых колебаний на основе фундаментальной теоретической схемы механики будет сказано ниже.

[12] Исследователь, применяющий такой прием анализа знаний, может осознавать его условность и даже специально оговаривать его ограниченность. Но если в распоряжении исследователя нет других эталонов теоретической организации, то вольно или невольно он будет смотреть на научную теорию как на аксиоматико-дедуктивную систему и пытаться прежде всего установить, что в ней соответствует принятому эталону. Все остальное оказывается вне сферы конкретного анализа.

[13] Различие аксиологического и генетически конструктивного развертывания теории в отечественной логико-методологической литературе впервые было проведено в работах В.А. Смирнова (см. *Смирнов В.А. Генетический метод построения научной теории // Философские вопросы современной формальной логики. М., 1962).*

[14] Там же. С. 269.

[15] Там же.

[16] *Hilbert D., Bernays P. Grundlagen der Mathematik. Bd. 1. Berlin, 1934. S. 20.*

[17] Как показано В. А. Смирновым, традиционная трактовка “Начал” Евклида только как образца аксиоматического построения теории не учитывает, что дедуктивное развертывание теорий может осуществляться не только в форме аксиоматического, но и в форме генетически-конструктивного построения. “Концепция, проводимая в “Началах”, — отмечает он, — это не несовершенная попытка осуществить идеал аксиоматического метода в современном его понимании, а попытка конструктивного (генетического) построения теории” (*Смирнов В.А. Генетический метод построения научной теории.С. 278).*

[18] См.: *Яновская С.А. Методологические проблемы науки. М., 1972; Розин В.М., Москаева А.С. К анализу строения системы знаний “Начал” Евклида // Новые исследования в педагогических науках. Вып. IX: М., 1967.*

[19] *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., 1960. С. 111—112.*

[20] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М., 1960. С. 127.

[21] Там же. С. 127—128.

[22] В случае использования математического формализма в физике соответствующие символы и их связи воспринимаются только со стороны их математического смысла (как математические объекты и операции над ними). Физический смысл данных терминов при таком движении не эксплицируется.

[23] Вследствие этого в процессе философского анализа языка науки теоретическая схема может быть выделена и зафиксирована прежде всего на стыке различных языковых контекстов, а не путем указания на какую-либо одну форму выражения.

[24] *Kuhn T. Postscriptum-1969. In: Structure of Scientific Revolutions. 2 ed. enl. Chicago, 1970.*

[25] См.: *Розенбергер Ф. История физики. М.-Л., 1937. Ч. II. С. 136.*

[26] Этот пример, показывающий как структура экспериментальной деятельности выявляет объект исследования, был подробно проанализирован в книге: *Степин В.С., Томильчик Л.М. Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970. С. 19—31.*

[27] Термин “инвариантное содержание” не должен восприниматься как указание на индуктивный способ получения теоретического содержания. Для того чтобы получить теоретический инвариант, нужно заранее знать, что та или иная группа эмпирических схем образует класс. Этот класс легко установить “сверху”, при редукции теоретических схем к эмпирическим, но при движении снизу, глядя с позиции одной эмпирической схемы на другую, вовсе не очевидно, что они имеют общее содержание. Показательно, например, что, согласно дофарадеевским взглядам на электричество, различные электрические явления, зафиксированные в опыте, рассматривались как явления принципиально разной природы (тогда различали электричество трения, гальваническое электричество и т.д.). Поэтому эмпирические схемы, которые у Фарадея были объединены в единый класс, воспринимались ранее как разрозненный конгломерат.

[28] См. *Степин В. С., Томильчик Л. М. Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970. С. 35—36.*

[29] Во избежание недоразумений следует подчеркнуть, что в данном случае “атомное ядро” суть идеальный объект, выступающий как носитель ограниченного числа жестко фиксированных признаков (реальный же объект неисчерпаем в своих признаках).

[30] *Гинзбург В. Л., Сыроватский С.И. Гамма- и рентгеновская астрономия // Над чем думают физики. Вып. 6. “Астрофизика”. М., 1967. С. 36.*

[31] *Нейгебауэр О. Точные науки в древности. М., 1968. С. 111.*

[32] *Bridgman P. W. The Logic of Modern Physics. N.Y., 1954. С. 22—23.*

[33] В отечественной литературе наиболее обстоятельно и достаточно корректно критика операционализма была дана в работах Д.В.Пивоварова (см.: *Пивоваров Д. В. Практика и формирование познавательного образа // Ленинская теория отражения. Вып. 5. Свердловск, 1971).*

[34] *Bridgman P. W. Reflections of a Physicist. I I ed. N. Y., 1955. P. 153.*

[35] *Бунге М. Существуют ли операциональные определения физических понятий? // Вопросы философии. 1966. № 11. С. 74.*

[36] *Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М., 1972. С. 327.*

[37] *Кузнецов И.В. Избранные труды по методологии физики. М., 1975. С. 30—31; Штофф В.А. Моделирование и философия. М.-Л., 1966. С. 155—157; Вартофский М. Модели, репрезентация и научное понимание. М., 1988. С. 29—31.*

[38] *Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи. М., 1959. С. 33.*

- [39] Там же С. 40—41.
[40] Там же. С. 41.
[41] Григорян А.Т. Механика от античности до наших дней. М., 1971. С. 284.
[42] Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи. М., 1959. С. 355.

Глава II

Структура теоретических знаний

Абстрактные объекты теории и их системная организация

Основным эмпирическим материалом, на который опирается методология при анализе структуры теоретического знания, являются тексты исторически сложившихся научных теорий, причем методология ориентируется в первую очередь на высокоразвитые в теоретическом отношении научные дисциплины, поскольку в них легче проследить особенности строения теории, чем в науках, только вступающих в полосу теоретической обработки фактов. Это обусловлено тем, что в развивающейся системе (в нашем случае — теории) принципы функционирования лучше прослеживаются на высших ступенях ее развития, чем на стадии эмбрионального состояния. Поэтому в методологических исследованиях строение развитых наук принимается за своего рода эталон, с позиций которого рассматриваются все другие системы теоретического знания.

В логико-методологических исследованиях в качестве такого эталона чаще всего использовалась математика. Она и по сей день поставляет важный материал для теоретико-познавательного и методологического анализа. Однако в одном отношении этот материал все-таки создает для методолога определенные неудобства. В “чистой” математике нельзя обнаружить ярко выраженный слой эмпирического знания, в связи с чем трудно установить и специфику строения и функционирования научной теории, связанную с ее отношением к эмпирическому базису. Чтобы исследовать эту сторону теоретических знаний, гносеология и методология обращаются к эмпирическим наукам. В этой связи на первый план выдвигается физика как отрасль естествознания, имеющая все признаки высокоразвитой в теоретическом отношении науки и вместе с тем обладающая отчетливо выраженным эмпирическим базисом.

Исторически сложившиеся знания физики, взятые в качестве исходного материала для методологического исследования, позволяют выявить характерные особенности строения и функционирования теорий в эмпирических науках.

Представления и модели динамики науки, выработанные на этом историческом материале, могут потребовать корректировки при переносе на другие науки. Но развитие познания именно так и происходит: представления, выработанные и апробированные на одном материале, затем переносятся на другую область и видоизменяются, если будет обнаружено их несоответствие новому материалу.

Часто можно встретить утверждение, что представления о развитии знания при анализе естественных наук, нельзя переносить на область социального познания.

Основанием для таких запретов служит проведенное еще в XIX веке различие наук о природе и наук о духе. Но при этом необходимо отдавать себе отчет в том, что познание в социально-гуманитарных науках и науках о природе имеет общие черты именно потому,

что это научное познание. Их различие коренится в специфике предметной области. В социально-гуманитарных науках предмет включает в себя человека, его сознание и часто выступает как текст, имеющий человеческий смысл. Фиксация такого предмета и его изучение требуют особых методов и познавательных процедур. Однако при всей сложности предмета социально-гуманитарных наук установка на объективное его изучение и поиск законов является обязательной характеристикой научного подхода. Это обстоятельство не всегда принимается во внимание сторонниками “абсолютной специфики” гуманитарного и социально-исторического знания. Его противопоставление естественным наукам производится подчас некорректно. Гуманитарное знание трактуется предельно расширительно: в него включают философские эссе, публицистику, художественную критику, художественную литературу и т.п. Но корректная постановка проблемы должна быть иной. Она требует четкого различения понятий “социально-гуманитарное знание” и “научное социально-гуманитарное знание”. Первое включает в себя результаты научного исследования, но не сводится к ним, поскольку предполагает также иные, вненаучные формы творчества. Второе же ограничивается только рамками научного исследования. Разумеется, само это исследование не изолировано от иных сфер культуры, взаимодействует с ними, но это не основание для отождествления науки с иными, хотя и близко соприкасающимися с ней формами человеческого творчества.

Если исходить из сопоставления наук об обществе и человеке, с одной стороны, и наук о природе — с другой, то нужно признать наличие в их познавательных процедурах как общего, так и специфического содержания. Но методологические схемы, развитые в одной области, могут схватывать некоторые общие черты строения и динамики познания в другой области, и тогда методология вполне может развивать свои концепции так, как это делается в любой другой сфере научного познания, в том числе и социально-гуманитарных науках. Она может переносить модели, разработанные в одной сфере познания, на другую и затем корректировать их, адаптируя к специфике нового предмета.

При этом следует учитывать по меньшей мере два обстоятельства. Во-первых, философско-методологический анализ науки независимо от того, ориентирован ли он на естествознание или на социально-гуманитарные науки, сам принадлежит к сфере исторического социального познания. Даже тогда, когда философ и методолог имеет дело со специализированными текстами естествознания, его предмет — это не физические поля, не элементарные частицы, не процессы развития организмов, а научное знание, его динамика, методы исследовательской деятельности, взятые в их историческом развитии. Понятно, что научное знание и его динамика является не природным, а социальным процессом, феноменом человеческой культуры, а поэтому его изучение выступает особым видом наук о духе.

Во-вторых, необходимо учитывать, что жесткая демаркация между науками о природе и науками о духе имела свои основания для науки в XIX столетии, но она во многом утрачивает силу применительно к науке последней трети XX века. Об этом будет сказано более подробно в дальнейшем изложении. Но предварительно зафиксируем, что в естествознании наших дней все большую роль начинают играть исследования сложных развивающихся систем, которые обладают “синергетическими характеристиками” и включают в качестве своего компонента человека и его деятельность. Методология исследования таких объектов сближает естественнонаучное и гуманитарное познание, стирая жесткие границы между ними.

Выбор в качестве исходного материала развитых в теоретическом отношении наук представляет собой лишь первый шаг исследования. Один и тот же материал может быть рассмотрен с различных точек зрения, в результате чего могут быть обнаружены

различные аспекты структуры теории. Поэтому необходимо определить исходную позицию анализа научных текстов, установить, какие стороны языка науки будут учитываться в ходе анализа и от каких сторон можно будет абстрагироваться.

В семиотике принято различать три аспекта языка: синтаксический, семантический и прагматический.

Синтаксический аспект предполагает рассмотрение языка только как некоторой совокупности знаков, которые преобразуются по определенным правилам и образуют в своих связях ту или иную языковую систему. При изучении обыденного языка с этой стороны мы сталкиваемся тогда, когда рассматриваем преобразование слов в соответствии с логико-грамматическими правилами языка.

В языке науки синтаксический аспект выступает на первый план при формальных операциях со знаками, например, при оперировании физическими величинами (входящими в математические выражения для физических законов) в соответствии с правилами математики. В процессе таких операций исследователь отвлекается от смысла терминов языка и рассматривает термины только как знаки, образующие в своих связях формулы, из которых выводятся другие формулы по правилам данной языковой системы. Так, интегрируя уравнения движения в механике, физик оперирует с величинами m , F , x , t (“масса”, “сила”, “пространственная координата”, “время”) как математическими объектами. В этих операциях отчетливо представлен синтаксический аспект языка физики.

Семантический аспект языка требует обращения к содержанию языковых выражений. Он предполагает нахождение идеальных объектов и их связей, которые образуют непосредственный смысл терминов и высказываний языка. Кроме того, при семантическом анализе требуется установить, какие стороны внеязыковой реальности репрезентированы посредством указанных идеальных объектов. В физике, например, этот аспект проявляется в отчетливой форме при интерпретации выражений, полученных после серии математических преобразований исходных формул. В этом случае математические символы указанных выражений (функции, числа, векторы ит. д.) рассматриваются как физические величины и выясняется связь последних с реальными свойствами и отношениями объектов материального мира, выделенных из универсума практической деятельностью.

Наконец, прагматический аспект языка предполагает рассмотрение языковых выражений в отношении к практической деятельности и специфике социального общения, характерных для определенной исторической эпохи. Это означает, что идеальные объекты и их корреляции, образующие область смыслов языковых выражений, берутся в их отношении к социокультурной среде, породившей ту или иную “популяцию” научных знаний.

В процессе познавательной деятельности ученого взаимодействуют все три аспекта языка науки. Что же касается текстов, фиксирующих результаты познания, то здесь также выражены все указанные стороны языка. Однако, исходя из поставленной задачи (анализ *содержательной* структуры научных знаний), мы будем рассматривать данные тексты преимущественно в семантическом и прагматическом аспектах, т. е. в высказываниях языка науки будем выявлять типы идеальных объектов, а затем анализировать их внутриязыковые связи и их отношения к практической деятельности.

Среди идеальных объектов, применяемых в научном исследовании, принято выделять по меньшей мере две основные разновидности — эмпирические и теоретические объекты.

Эмпирические объекты представляют собой абстракции, фиксирующие признаки реальных предметов опыта. Они являются определенными схематизациями фрагментов реального мира. Любой признак, “носителем” которого является эмпирический объект, может быть найден у соответствующих ему реальных предметов (но не наоборот, так как эмпирический объект репрезентирует не все, а лишь некоторые признаки реальных предметов, абстрагированные из действительности в соответствии с задачами познания и практики). Эмпирические объекты составляют смысл таких терминов эмпирического языка, как “Земля”, “провод с током”, “расстояние между Землей и Луной” и т. д.

Теоретические объекты, в отличие от эмпирических, являются идеализациями, “логическими реконструкциями действительности”. Они могут быть наделены не только признаками, которым соответствуют свойства и отношения реальных объектов, но и признаками, которыми не обладает ни один такой объект. Теоретические объекты образуют смысл таких терминов, как “точка”, “идеальный газ”, “абсолютно черное тело” и так далее.

В логико-методологических исследованиях теоретические объекты называют иногда теоретическими конструктами, а также абстрактными объектами.

Высказывания теоретического языка строятся относительно абстрактных объектов, связи и отношения которых образуют непосредственный смысл данных высказываний. Поэтому теоретические высказывания становятся утверждениями о процессах природы лишь в той мере, в какой отношения абстрактных объектов могут быть обоснованы как замещение тех или иных реальных свойств и связей действительности, выявленных в практике. Так, все теоретические высказывания классической механики непосредственно характеризуют связи, свойства и отношения идеализированных конструктов, таких как “материальная точка”, “сила”, “инерциальная пространственно-временная система отсчета” и т. д., которые представляют собой идеализации и не могут существовать в качестве реальных материальных объектов. Последнее наиболее очевидно по отношению к “материальной точке”, которая определяется как тело, лишенное размеров. Но и “сила”, и “пространственно-временная система отсчета” также представляют собой идеализации, для которых в реальном мире можно подыскать только прообразы, но которые нельзя отождествлять с реально существующими предметами.

“Сила” в механике определяется как особое свойство одного тела (или нескольких тел) воздействовать на другое тело и изменять состояние его движения. Это свойство абстрагируется от самих тел и превращается в самостоятельный объект, существующий наряду с телами (материальными точками) и воздействующий на них. Такого рода превращение свойства тел в самостоятельный объект может быть осуществлено только в абстракции.

Наконец, нетрудно убедиться, что инерциальная пространственно-временная система отсчета также представляет собой идеализированный объект, сопоставимый реальным предметам опыта, но не тождественный им. Инерциальная система отсчета может быть отождествлена, например, с реальной физической лабораторией с часами и линейками, но при условии, что такая лаборатория наделена рядом реально несуществующих признаков. Предполагается, что ее можно полностью изолировать от внешних воздействий (признак инерциальности). Предполагается далее, что можно пренебречь воздействием измеряемых тел на часы и линейки лаборатории. Вследствие этого последние можно представить как абсолютно жесткие стержни, снабженные делениями, и как стандартные “жесткие” часы (удовлетворяющие требованию постоянства их периода). Такая идеализация

позволяет представить пространственно-временные измерения, производимые в физической лаборатории, как преобразования точек евклидова пространства и квазиевклидова времени инерциальной системы отсчета. Строго говоря, в реальности не существует таких тел, которые могли бы быть абсолютно изолированы от каких бы то ни было воздействий, и поэтому инерциальная система отсчета, характеризующаяся евклидовым пространством-временем, суть идеализированный, теоретический конструкт.

Однако все эти теоретические конструкты механики можно сопоставить с некоторыми фрагментами природы: “материальные точки” — с телами, размерами которых можно пренебречь при решении определенных задач, “силу” — с определенными взаимодействиями тел, которые приводят к изменению состояния движения этих тел; “инерциальную систему отсчета” — с реальными предметами и процессами, используемыми в функции линеек и часов, движение которых с определенным допуском можно считать равномерным и прямолинейным. Благодаря связи теоретических конструктов с реальностью высказывания механики, сформулированные относительно упомянутых конструктов, предстают как описание объективных процессов природы.

Подобная ситуация характерна для любой области теоретического знания. Фундаментальные определения и постулаты евклидовой геометрии выступают как характеристика свойств и отношений таких абстрактных объектов, как “точка”, “отрезок”, “угол”, “окружность”. Основные законы максвелловской электродинамики (уравнения Максвелла) описывают непосредственно отношения таких идеализированных конструктов как вектора магнитной и электрической напряженности в точке и вектора в плотности тока в точке в любой заданный момент времени. И лишь потому, что отношения и связи абстрактных объектов каждой из упомянутых теорий могут быть обоснованы в качестве изображения некоторой реальной предметной области, высказывания этих теорий приобретают объективную ценность и значимость.

Отсюда, однако, не следует, что теория получает объективное обоснование только тогда, когда каждый ее абстрактный объект может быть сопоставлен с некоторым реальным фрагментом исследуемой теории действительности. Между фрагментами объективной реальности, выделенными человеческой практикой, и системой абстрактных объектов теории существуют более сложные связи. Известно, что лишь некоторые из теоретических объектов могут быть самостоятельно спроецированы на действительность. Большая же их часть соотносится с изучаемой действительностью только косвенно, благодаря связям с абстрактными объектами первого типа.

Указанная часть теоретических объектов получает свое определение только внутри теории, в системе смысловых связей и отношений ее высказываний. Этот факт часто фиксируется в логике науки в форме утверждения, что не все, а только некоторые термины теоретической системы должны иметь операциональный смысл, т.е. быть связанными посредством особых правил соответствия (операциональных определений) с объектами, преобразуемыми в опыте. Смысл же остальных терминов определяется только внутри той или иной системы теоретического языка, в рамках языковых контекстов, где теоретические термины оказываются связанными друг с другом и с терминами, имеющими операциональный смысл. Иногда первые связи называют внутритеоретическими, а вторые, выходящие за пределы теоретического языка, — эпистемическими[1]. Поскольку смыслом терминов и высказываний являются соответствующие абстрактные объекты и их корреляции, постольку указанная специфика теоретических знаний свидетельствует, что в теории существуют абстрактные объекты, которые имеют как внутритеоретические, так и эпистемические связи, и абстрактные объекты, которые имеют только

внутритеоретические связи. К последним могут принадлежать конструкты, чрезвычайно важные для теоретической системы и во многом определяющие ее содержательную специфику (“вектор-потенциал” в классической электродинамике; “заряд” и “масса-энергия” “голого электрона” в квантовой электродинамике и т. д.).

Существование абстрактных объектов, оправданных только благодаря их внутритеоретическим связям, свидетельствует, что абстрактные объекты теории не могут быть простым конгломератом не связанных между собой элементов. Они всегда образуют целостную систему. Взаимосвязь элементов в этой системе обусловлена прежде всего тем, что развертывание теории сопряжено с введением одних объектов на базе других. Например, когда из основных уравнений ньютоновской механики получают в качестве следствий уравнения движения твердого тела или движения в центрально-симметричном поле, то это предполагает, что на базе фундаментальных абстрактных объектов “силы”, “материальной точки”, “пространственно-временной системы отсчета” (корреляции которых составляют смысл основных законов механики) создаются новые абстрактные объекты, такие как “абсолютно твердое тело”, “центрально-симметричное поле” и т. п.

Конструирование одних абстрактных объектов на основе других по правилам языка данной теории должно удовлетворять принципу целостности создаваемой системы теоретических объектов. Каждый вновь вводимый объект, вступая в отношение с уже построенными теоретическими конструктами, обязан согласовываться с ними. Он не должен приводить к появлению у них таких новых свойств, которые были бы несовместимы с ранее заданными признаками. Это одно из основных требований, которое выполняется при развертывании содержания теории[2]. Понятно, например, что в механике, конструируя абстрактные объекты типа абсолютно твердого тела или центрально-симметричного поля, мы не должны получить в качестве следствия, скажем, такой вывод, что материальная точка обладает принципиально неопределенной координатой в строго заданный момент времени. Это противоречило бы исходным признакам материальной точки, поскольку она, по определению, должна быть сопоставима в каждой данной временной точке с одной и только одной точкой пространства.

В конечном счете все абстрактные объекты обосновываются внутри теории тем, что среди них не появляется ни одного объекта, несовместимого с уже введенной системой. В результате возникает представление о своеобразной сети теоретических конструктов, отдельные элементы которой соединены с эмпирией, остальные же не имеют таких связей, но оправданы потому, что играют роль вспомогательных элементов, благодаря которым существует вся сеть. Такого рода связи теоретических объектов между собой и с эмпирически исследуемой действительностью можно проиллюстрировать посредством схемы, предложенной Г. Маргенау[3] (рис.1).

Рис. 1. С – теоретические конструкты; N – непосредственно данная в наблюдении и эксперименте изучаемая реальность; – внутритеоретические связи между конструктами; – связи конструктов с эмпирическим уровнем (эмпирические связи).

Указанная схема охватывает некоторые весьма общие черты организации теоретического знания, но является лишь первым и в определенном смысле весьма ограниченным приближением.

Дальнейший и более детальный анализ (который по ряду причин, в том числе и связанных с общеносеологическими установками, не смог осуществить Маргенау) позволяет выявить более сложное строение теоретического знания и его взаимоотношение с эмпирическим уровнем.

Прежде всего следует обратить внимание на внутреннюю организацию сети теоретических конструктов. Среди них можно обнаружить различные, относительно

самостоятельные подсистемы, подчиненные друг другу. В содержании теории в первую очередь следует выделить корреляции фундаментальных абстрактных объектов, которые вводятся через постулаты и определения теории. К ним относятся, например, упомянутые выше корреляции “силы”, “материальной точки” и “пространственно-временной системы отсчета”, введенные в рамках исходных определений и аксиом движения ньютоновской механики.

Показательно, что видоизменение или элиминация хотя бы одного из таких объектов сразу же приводит к видоизменению всей теории. Например, если исключить из механики такой объект, как “материальная точка”, то механика будет разрушена. Если же вместо абстрактного объекта “сила” ввести новый фундаментальный объект, например “энергию”, то вместо ньютоновской механики можно получить другую теоретическую конструкцию — механику Гамильтона; а исключая “энергию” и “силу” из состава фундаментальных абстрактных объектов, можно прийти к основным принципам механики Г. Герца, которая также является иной, чем ньютоновская механика, теоретической конструкцией, описывающей механическое движение.

Таким образом, в основании сложившейся теории всегда можно обнаружить взаимосогласованную сеть абстрактных объектов, определяющую специфику данной теории. Эту сеть объектов мы будем называть *фундаментальной теоретической схемой*. Исходные признаки ее абстрактных объектов и их главные отношения всегда характеризуют наиболее существенные черты исследуемой в теории предметной области. Фундаментальная теоретическая схема может рассматриваться в качестве весьма абстрактной модели изучаемых в теории взаимодействий. Она выявляет структурные особенности таких взаимодействий, фиксируя в познании их глубинные, существенные характеристики.

В нашем примере с ньютоновской механикой фундаментальная теоретическая схема выражает сущность механического движения в форме абстрактной модели, посредством которой вводится представление о перемещениях материальной точки в пространстве системы отсчета с течением времени и изменения под действием силы состояний движения материальной точки. Изображая движущиеся тела в качестве материальных точек или систем таких точек, с помощью такой модели можно описывать и объяснять реальные механические процессы.

Главные признаки и отношения абстрактных объектов, образующих данную модель, фиксируются основными определениями теории и тремя законами Ньютона, которые служат теоретическим выражением объективных законов механического движения.

Можно высказать достаточно универсальный методологический тезис: формулировки теоретических законов непосредственно относятся к системе теоретических конструктов (абстрактных объектов). И лишь в той мере, в какой построенные из них теоретические схемы репрезентируют сущностные связи исследуемой реальности, соответствующие законы могут быть применимы к ее описанию.

Эту особенность теоретических знаний можно проследить не только в физике, хотя здесь она проявляется в наиболее отчетливой форме. Эта особенность прослеживается во всех тех областях науки, которые вступили в стадию теоретизации. Возьмем, например, известный закон популяционной генетики — закон Харди—Вейнберга, характеризующий условия генетической стабильности популяций. Этот закон принадлежит к довольно немногочисленной группе биологических законов, которые получили математическую формулировку. Он был сформулирован относительно построенной Харди и Вейнбергом теоретической модели (схемы) распределения в популяции мутантных форм. Популяция в этой модели представляла собой типичный идеализированный объект - это была

неограниченно большая популяция со свободным скрещиванием особей. Она могла быть сопоставлена с реальными, большими по численности популяциями, если пренебрежимо малы миграционные и мутационные процессы и можно отвлечься от факторов естественного отбора и от ограничений на панмиксию[4].

Но именно благодаря этим идеализирующим допущениям теоретическая модель фиксировала существенные связи, характеризующие относительную стабильность популяций, а сформулированный на базе этой модели закон Харди—Вейнберга по праву занял место одного из важнейших законов популяционной генетики.

Здесь нетрудно увидеть прямое сходство с развитыми формами теоретических знаний физики. Идеализированный объект, относительно которого формулировался закон Харди—Вейнберга, выполнял те же функции, что и, например, модель идеального маятника при открытии закона малых колебаний или модель идеального газа при формулировке законов поведения разряженных газов под относительно небольшими давлениями.

В теориях социальных наук также можно обнаружить, что формулировка теоретических законов сопряжена с введением идеализированных объектов, упрощающих и схематизирующих эмпирически наблюдаемые ситуации.

Так, в современных неоклассических экономических теориях одним из важных законов, который конкретизируется и модифицируется в процессе развертывания этих теорий и их развития, является знаменитый закон Л.Вальраса — швейцарского экономиста конца XIX века. Этот закон предполагает, что в масштабах хозяйства, представленного различными товарными рынками, включая рынок денег, сумма избыточного спроса (величина разрыва между спросом на отдельные товары и их предложением) всегда равна нулю. Нетрудно установить, что закон Вальраса описывает идеализированную модель (схему) взаимоотношения различных товарных рынков, когда их система находится в равновесии (спрос на товары на каждом рынке равен их предложению)[5]. В реальности так не бывает. Но это примерно так же, как не бывает материальных точек, абсолютного твердого тела, идеального газа.

Разумеется, каждая теоретическая схема и сформулированный относительно нее закон имеют границы своей применимости. Закон идеального газа не подходит для ситуаций с большими давлениями. В этом случае он сменяется уравнением (законом) Ван-дер-Ваальса, учитывающим силы молекулярного взаимодействия, от которых абстрагируется модель идеального газа. Точно так же в экономической теории модель и закон Вальраса требует корректировки при описании сложных процессов взаимодействия различных рынков, связанных с нарушениями реализации товаров и не приближенных к равновесным процессам. Эти ситуации выражают более сложные теоретические модели (например, модель Кейнса—Виксея, усовершенствованная Дж.Стейном и Г.Роузом, в которой допускалось неравновесие рынков, а также предложенная американскими экономистами Д.Патинкиным, О.Левхари и Г.Джонсоном в 60—70-х годах модель неравновесия рынков, учитывающих эффект кассовых остатков и активную роль денежного рынка[6]).

Формулировка новых теоретических законов позволяет расширить возможности теоретического описания исследуемой реальности. Но для этого каждый раз нужно вводить новую систему идеализаций (теоретических конструктов), которые образуют в своих связях соответствующую теоретическую схему.

Даже в самых “мягких” формах теоретического знания, к которым относят обычно такие гуманитарные дисциплины как литературоведение, музыковедение, искусствоведение (противопоставляя их “жестким” формам математизированных теорий естественных наук), даже в этих дисциплинах можно обнаружить слой абстрактных теоретических объектов, образующих теоретические модели

исследуемой реальности. Я сошлюсь здесь на исследования В.М.Розина, применившего разработанную мною концепцию теоретических знаний применительно к техническим и гуманитарным дисциплинам[7]. В.М.Розиным были проанализированы тексты работ М.М.Бахтина и Б.И.Бурсова, посвященные творчеству Достоевского, тексты теоретического музыковедения и текст искусствоведческой работы В.А.Плугина, в которой анализируется живопись Андрея Рублева. Во всех этих ситуациях автор выявляет слой теоретических знаний и показывает, что движение исследовательской мысли в этом слое основано на конструировании идеальных теоретических объектов и оперировании ими[8]. В частности, основные теоретические выводы Бахтина, касающиеся особенностей “полифонического романа” Достоевского, были получены благодаря конструированию теоретической схемы, элементами которой выступают такие идеальные объекты, как “голоса героев” и “голос автора”, вступающие в диалогические отношения[9]. Таким образом можно заключить, что идеальные теоретические объекты и построенные из них целостные теоретические модели (схемы) выступают существенной характеристикой структуры любой научной теории, независимо от того, принадлежит ли она к сфере гуманитарных, социальных или естественных наук.

Теоретическая схема и математический аппарат

В языке теории теоретическая схема может быть охарактеризована по меньшей мере в двух типах высказываний. Ими могут быть содержательные описания типа уже рассмотренных выше утверждений: “материальная точка перемещается по континууму точек пространственно-временной системы отсчета”, “сила меняет состояние движения материальной точки” и т. д. Посредством таких высказываний описываются связи и отношения абстрактных объектов, образующих теоретическую схему. Но эти же связи могут быть выражены и в форме математических зависимостей. Последнее достигается благодаря отображению абстрактных объектов теоретической схемы на объекты математики. Например, система отсчета может быть связана с системой координат (инерциальная система отсчета механики может быть в определенных пределах отождествлена с системой прямоугольных, сферических или цилиндрических координат в евклидовом пространстве). Вследствие этого она предстает как континуум пространственных и временных точек, каждой из которых может быть поставлено в соответствие определенное число (или набор чисел). Далее, материальная точка в классической механике может быть охарактеризована некоторой постоянной величиной, которая обозначает ее массу. Положение материальной точки в системе отсчета может быть описано при помощи пространственных и временной координат, а изменение указанных координат может быть рассмотрено как характеристика движения материальной точки. Наконец, сила может быть представлена как некоторый вектор.

Благодаря такому отображению абстрактных объектов теоретических схем физики на объекты математики, корреляции между элементами теоретических схем можно выразить в виде набора некоторых формул. Например, можно выразить отношения между силой, пространственно-временной системой отсчета и материальной точкой в виде математической формулировки законов Ньютона.

Признаки абстрактных объектов при переходе к такому описанию фиксируются в форме физических величин, а связи указанных признаков — в виде связей величин в уравнениях. Поскольку теоретическая схема может быть представлена как идеализированный образ изучаемых в теории природных процессов, постольку физические величины и их связи в уравнениях должны выражать некоторые эмпирически констатируемые характеристики таких процессов. Уравнения

выступают в этом случае как выражение существенных связей между физическими явлениями и служат формулировкой физических законов.

Уравнения и абстрактные объекты теоретической схемы можно рассматривать как относительно самостоятельные компоненты теоретического знания. Такой подход оправдан, по меньшей мере, двумя обстоятельствами. Во-первых, одни и те же уравнения могут быть связаны с различными теоретическими схемами и, если последние обоснованы как отображение соответствующих фрагментов физической реальности, могут предстать как описание различных физических взаимодействий (хрестоматийными примерами здесь могут служить использование уравнений колебания для теоретического описания и механических, и электромагнитных колебаний, применение Максвеллом уравнений гидродинамики к описанию электромагнитных взаимодействий и т. д.). Во-вторых, теоретическая схема, если зафиксировать ее в языке содержательного описания, может существовать относительно независимо от уравнений. Так, описывая фундаментальную теоретическую схему механики (движение материальной точки в пространстве системы отсчета под действием силы), можно ввести абстрактную модель реальных механических движений, не прибегая к уравнениям. Опираясь на эту модель, можно получить и качественную характеристику законов механики (например, в “Математических началах натуральной философии” Ньютона три основных закона механики излагались вначале без применения формул, в качественном виде).

Однако, подчеркивая некоторую самостоятельность уравнений и фундаментальных теоретических схем, нельзя упускать из виду, что эта самостоятельность *относительна* и что указанные компоненты теоретического знания тесно связаны между собой. С одной стороны, вне связи с теоретической схемой уравнения являются только математическими формулами, но не выражениями для физических законов. Иначе говоря, уравнения не имеют физической интерпретации. Такую интерпретацию обеспечивает теоретическая схема, предварительно обоснованная в качестве идеализированной модели некоторой реальной области взаимодействий. С другой стороны, вне связи с уравнениями теоретическая схема дает бедное и абстрактное представление об изучаемой реальности. Богатство связей и отношений ее абстрактных объектов, посредством которых в теоретическом знании характеризуются процессы природы, выявляется благодаря уравнениям. Последние как бы развертывают содержание теоретической схемы наиболее простым способом и в наиболее полной форме. Но самое главное во взаимодействии уравнений и теоретических схем заключается в том, что математические средства активно участвуют в самом создании абстрактных объектов теоретической схемы, определяют их признаки. Даже тогда, когда исследователь прибегает к содержательному описанию теоретических схем, он неявно пользуется математическими представлениями. Он может говорить, например, о перемещении материальной точки в пространстве инерциальной системы отсчета с течением времени, но при этом заранее предполагает, что пространство обладает свойствами евклидова пространства, а время — свойствами “квазиэвклидова времени” (равномерное протекание времени во всех системах отсчета)[\[10\]](#). Характеризуя состояние движения материальной точки (точечной массы), которое определяется через ее координаты и скорость, исследователь заранее допускает, что система отсчета представляет систему координат и поэтому отношение к ней материальной точки может быть выражено координатами и определенными функциями от координат по времени.

Таким образом, исходные признаки абстрактных объектов фундаментальной теоретической схемы всегда несут следы воздействия математической структуры, применяемой в теории. Они вводятся так, чтобы обеспечить при теоретическом описании процессов природы использование определенных математических

формализмов. В этом выражается тесная взаимосвязь между применяемыми в теории математическими средствами и исходными признаками и отношениями абстрактных объектов, образующих фундаментальную теоретическую схему. Такая взаимосвязь позволяет говорить о своеобразном двухслойном каркасе, который образует основание физической теории: первый слой составляет математический формализм, второй — фундаментальная теоретическая схема. Оба эти слоя всегда взаимообусловлены. В узком смысле такая взаимообусловленность выражается в том, что основные уравнения теории, соответствующие математической формулировке ее основных законов, выступают как своеобразная запись основных отношений между признаками абстрактных объектов теоретической схемы. Наделив такие объекты новыми признаками, придется изменить уравнения, и наоборот. В широком смысле взаимообусловленность указанных слоев выражается в связи между типом математической структуры, применяемой для описания некоторой области физических процессов, и способом представления таких процессов в фундаментальной теоретической схеме. Этот аспект взаимосвязи теоретической схемы с математическими средствами описания физических процессов лучше всего пояснить, обращаясь к историческим примерам.

Так, когда Ньютон начал создавать теоретическую схему механических процессов, в которой движущиеся тела были представлены как материальные точки, изменяющие свои координаты и импульсы в пространственно-временной точке под действием силы, то эта модель механического движения потребовала создания особого математического аппарата.

В доньютоновский период для описания механических процессов применялась евклидова геометрия в соединении с обычной алгеброй. Механика удовлетворялась этим аппаратом постольку, поскольку изображала реальные объемные тела в виде идеальных геометрических тел и, рассматривая их движения, не ставила задачи описать изменение в точке количества движения (импульса) тела, а следовательно, изменение в точке его скорости.

Ньютон, приступив к решению этой задачи, был вынужден описывать движение тела и изменение его состояния в бесконечно малых областях пространства-времени. В частности, для выяснения закономерностей изменения скорости в точке под действием приложенной силы пришлось перейти к рассмотрению стягивающегося в точку приращения пути к стягивающемуся в точку промежутку времени, что трансформировало старый аппарат механики (евклидову геометрию) в новый аппарат, который явился первой формой дифференциального и интегрального исчисления.

Таким образом, переход к новой теоретической схеме механического движения потребовал новых математических структур, для описания такого движения (после развития дифференциального исчисления Ньютоном, и в особенности после работ Лейбница, этот аппарат превратился в основное средство математического описания механических процессов).

Рассмотренный пример иллюстрирует изменение математического аппарата под влиянием новой содержательно-физической модели изучаемых процессов. Но существует и другой путь, в известном смысле обратный только что рассмотренному, когда математические средства, привлекаемые в сложившуюся теорию для решения тех или иных ее задач, вызывают перестройку фундаментальной теоретической схемы. Так, например, была перестроена механика Ньютона под влиянием аппарата дифференциальных уравнений, развитого в математике XVIII века и с успехом использованного для решения теоретических задач механики в ее приложении к широкому кругу явлений (включая математическое описание механических систем с большим числом степеней свободы). Для того чтобы обеспечить эффективное применение методов анализа при

рассмотрении любых механических явлений, Лагранж, а затем Гамильтон и Якоби ввели новые фундаментальные теоретические схемы механики, эквивалентные ньютоновской (в смысле их способности представлять объективную структуру механического движения в форме идеализированной модели). Лагранж, например, предложил описывать состояние движения материальной точки не как изменение ее координат и скоростей в трехмерном евклидовом пространстве, а как изменение обобщенных координат и обобщенных скоростей в пространстве конфигураций.

Такого рода перестройка уже сложившейся теоретической схемы под влиянием нового математического аппарата типична для развития физики. В квантовой механике, например, вначале возникли две эквивалентные теории квантовых процессов — волновая механика Шредингера и матричная механика Гейзенберга, каждая из которых имела свой математический аппарат и соответственно свою теоретическую схему.

Последующее развитие квантовой механики привело к синтезу этих двух форм теоретического описания в рамках нового описания, которое основывалось на использовании аппарата бесконечномерного гильбертова пространства. Переход к этому аппарату потребовал создать и новую фундаментальную теоретическую схему. В частности, волновая функция в трехмерном пространстве, которая фигурировала в теоретической схеме волновой механики, стала рассматриваться как вектор состояния квантовой системы, но в гильбертовом пространстве. Его корреляции к вектору состояния прибора позволили отобразить в квантовомеханическом описании глубинные характеристики квантовых процессов. По отношению к новой теоретической схеме прежние представления Шредингера и Гейзенберга выступали как “недостаточно совершенные” теоретические модели квантовых процессов. Новая теоретическая схема синтезировала обе эти модели и позволила описать и объяснить широкий круг явлений в атомной области.

Таким образом, под влиянием новых математических структур, вводимых в теорию, происходит определенное обобщение теоретической схемы. Такое обобщение, с одной стороны, обеспечивает наиболее эффективное описание и объяснение новых фактов, с другой — подготавливает базу для перехода к освоению в теоретическом познании новых типов физических объектов. Развивая математический аппарат и насыщая его новым физическим содержанием, познание как бы подготавливает средства для своего будущего развития. Так, разработка механики Лагранжа и Гамильтона послужила необходимой базой для последующей успешной разработки электродинамики и квантовой механики, а фейнмановская формулировка квантовой механики была предварительным и необходимым шагом для новейшего развития квантовой электродинамики (аппарат интегралов по траекториям, развитый Фейнманом, послужил не только эффективным средством решения квантовомеханических задач в нерелятивистской области, но и способствовал построению релятивистски-инвариантной теории взаимодействий квантованного электромагнитного и квантованного электронно-позитронного полей с учетом высших приближений теории возмущений).

Таким образом, взаимодействие применяемого в теории математического формализма и фундаментальной теоретической схемы является не только нормой функционирования теории, но и условием самого развития теоретических знаний.

Активное обратное воздействие математического аппарата на фундаментальную теоретическую схему приводит к тому, что ее элементы (абстрактные объекты) на высших стадиях развития теории предстают в качестве своеобразных эквивалентов абстрактных объектов математики. Набор признаков, по которым введен каждый абстрактный объект теоретической схемы, фиксируется в форме некоторого математического образа, “наполненного физическим смыслом”. Часть таких образов может иметь наглядные

аналоги в предметном мире, с которым имеет дело человек в своей реальной практической деятельности (например, материальная точка классической механики легко может быть сопоставлена с реальными макроскопическими телами, с которыми человек на каждом шагу оперирует в практике). Но большая часть из них может не иметь подобных аналогов. Таковыми являются, например, теоретические конструкты типа вектора состояния в гильбертовом пространстве (теоретическая характеристика микрообъекта в квантовой механике), вектора электрического и магнитного поля в пространственно-временной точке, взаимодействующего с вектором плотности заряда-тока в точке (теоретическая характеристика электромагнитных взаимодействий в классической электродинамике). В этом случае признаки абстрактных объектов уже не имеют аналога в виде отдельно взятой вещи, выделенной из природы практической деятельностью. Основной формой предметности, которая объединяет и закрепляет эти признаки, является математический образ.

Математическая форма выражения абстрактных объектов позволяет ввести посредством их корреляций обобщенную модель исследуемой реальности даже тогда, когда научное познание начинает изучать непривычные, с точки зрения обыденного здравого смысла, виды материальных взаимодействий. В этом случае часто оказывается невозможным представить каждый абстрактный объект теоретической схемы как аналог предметов, с которыми оперируют в практике. Абстрактные объекты выступают как сложные замещения отношений таких предметов. Но математическая форма позволяет выразить эти отношения в качестве особого идеального объекта, который становится элементом более сложной структуры — теоретической схемы, представляющей в познании исследуемую реальность.

Итак, анализ строения теории требует выделить в качестве ее основания особую организацию абстрактных объектов — фундаментальную теоретическую схему, связанную с соответствующим ей математическим формализмом.

Будучи идеальной моделью исследуемых в теории процессов, теоретическая схема обеспечивает интерпретацию математического аппарата теории и служит своеобразным посредником между ним и экспериментально фиксируемыми свойствами и отношениями физических объектов.

В отличие от формализованных теорий математики, где теорию (исчисление) отделяют от моделей, интерпретирующих исчисление (теория имеет поле интерпретаций), в физике модели, которые определяют физический смысл уравнений, входят в содержание теорий.

Мы назвали такие модели теоретическими схемами для того, чтобы отличить их от других типов моделей, которые применяются в теоретическом исследовании. Некоторые из них служат средством построения теории, но не включаются в ее состав. Теоретические же схемы всегда включены в теорию в качестве важнейшего компонента ее содержания.

Вместе с уравнениями фундаментальная теоретическая схема образует основание физической теории, опираясь на которое исследователь может получать все новые характеристики исследуемой реальности, не обращая каждый раз к ее экспериментальному изучению. Такие характеристики можно получить в результате дедуктивного развертывания теории, выявляя новые знаки абстрактных объектов теоретической схемы на базе исходных признаков.

Дедуктивное развертывание теории осуществляется как вывод из основных постулатов и определений теории их следствий. Методы такого вывода могут быть самыми различными. К ним относятся и формально-логические приемы дедуктивного выведения из одних высказываний других, и приемы решения уравнений, и, наконец, мысленные эксперименты с объектами теоретической схемы.

Например, используя математический аппарат механики и опираясь на мысленное рассмотрение связей между объектами ее фундаментальной теоретической схемы, можно получить на основе главных признаков указанных объектов новые их признаки, такие как свойство сил совершать работу, свойство материальной точки обладать потенциальной и кинетической энергией и т. п. Эти признаки материальных точек и сил выступают как особые характеристики механического движения. В процессе развертывания теории такие признаки фиксируются в форме понятий, а их связи выражаются в форме соответствующих теоретических высказываний. В математическом аппарате они выступают как новые физические величины, находящиеся в связи с другими величинами.

На первый взгляд кажется, что достаточно иметь набор абстрактных объектов, образующих фундаментальную теоретическую схему, чтобы строить относительно них все новые высказывания и развертывать теорию, не вводя новых абстрактных объектов. Однако в реальном развертывании теории новые признаки объектов фундаментальной теоретической схемы нередко превращаются в самостоятельные абстрактные объекты. Например, при движении в математическом аппарате оперируют указанными признаками как самостоятельными образованиями, представив их в виде соответствующих физических величин, и лишь при интерпретации полученных результатов физические величины рассматривают как характеристику признаков объектов фундаментальной теоретической схемы. Но такая интерпретация — не единственно возможный способ экспликации теоретического смысла физических величин. Нередко в целях успешного развертывания теории важно представить физическую величину в качестве термина, фиксирующего особый абстрактный объект, который существует наряду с фундаментальными абстрактными объектами теории и с которым можно оперировать точно так же, как оперировал исследователь с фундаментальными объектами теоретической схемы. В таком случае теоретическое понятие превращается в соответствующий ему абстрактный объект. Например, в механике, получив в процессе анализа фундаментальной теоретической схемы такой признак материальной точки, как способность обладать энергией, и зафиксировав этот признак в понятии “энергия”, можно затем образовать особый теоретический конструкт “энергия”, который представляет собой результат абстрагирования соответствующего признака материальных точек. С этим конструктом можно осуществлять мысленные эксперименты, рассматривая процессы обмена энергией между механическими системами, превращения энергии одного вида в другой и т. д. Содержательный анализ таких ситуаций и применение к ним средств математического описания позволяет получать новые характеристики движения тел.

Развертывание теории всегда представляет собой создание на базе фундаментальных признаков и отношений абстрактных объектов теоретической схемы, новых абстрактных объектов, признаки и корреляции которых фиксируются в системе соответствующих высказываний. Тогда можно представить, что в сети взаимосвязанных теоретических конструктов, образующих содержание теории, выделена основная подсистема (фундаментальная теоретическая схема), а остальные конструкты формируются вокруг нее, по мере развертывания теории. Однако более детальный анализ показывает, что такое представление о содержательной структуре теории нуждается в дальнейшем уточнении и конкретизации.

“Дочерние” (по отношению к фундаментальным) теоретические конструкты тоже организованы в особые подсистемы, как и конструкты, образующие фундаментальную теоретическую схему. Такие подсистемы могут быть независимы друг от друга и подчинены только фундаментальной теоретической схеме. Каждая такая подсистема характеризуется своей относительно выделенной в теории совокупностью высказываний и

понятий, образующих особый раздел теории. Так, в механике отчетливо выступают несколько относительно независимых разделов: механика малых колебаний точки, движения в поле центральных сил, вращения твердого тела и т. д. Каждый из таких разделов образован системой высказываний, вводящих некоторую совокупность своих, специфических абстрактных объектов (например, “период колебания” и “амплитуда” в механике малых колебаний или “относительный вращающий момент”, “мгновенная ось вращения”, “главный момент инерции” в механике твердого тела). Среди этих совокупностей, в свою очередь, можно выделить системы основных абстрактных объектов и производные от них. Так, в теории малых колебаний “материальная точка”, “квазиупругая сила” и “система отсчета” (например, фиксированная прямая, позволяющая регистрировать отклонения точки от положения равновесия) выступают в качестве системы объектов, имеющих независимый статус (в рамках данного раздела механики). Они вводятся относительно независимо от других абстрактных объектов теории колебания, тогда как, например, “период колебания” уже выступает как теоретический конструкт, оправданный только в силу корреляций вышеперечисленных объектов.

На этом основании их можно выделить в качестве фундамента механической теории малых колебаний. Показательно, что при изложении данного раздела ньютоновской механики обязательно фиксируется особый статус корреляций “материальной точки”, “квазиупругой силы” и “системы отсчета”. Они образуют теоретическую модель малых механических колебаний, которую именуют линейным гармоническим осциллятором и связывают с основным уравнением колебания.

Модель механических колебаний (осциллятор) вводится внутри механики относительно независимо от других, подобных ей систем абстрактных объектов. Но она зависит от фундаментальной теоретической схемы механики. По отношению к ней осциллятор выступает как своего рода частный случай[11].

Нетрудно убедиться, что, опираясь на фундаментальную теоретическую схему механики, можно построить не только осциллятор, но и другие подобные ему системы абстрактных объектов, например, образовать модель абсолютно твердого тела, жестко связывая материальные точки силами реакции, построить модель упругого соударения тел и т. д.

В результате можно сделать вывод, что в содержании развитой теории, кроме ее фундаментальной схемы, можно выделить еще один слой организации абстрактных объектов — уровень *частных теоретических схем*. Последние конкретизируют фундаментальную теоретическую схему применительно к ситуациям различных теоретических задач и обеспечивают переход от анализа общих характеристик исследуемой реальности и ее фундаментальных законов к рассмотрению отдельных конкретных типов взаимодействия, в которых в специфической форме проявляются указанные законы.

Таким образом, при рассмотрении научной теории в аспекте внутренних смысловых связей ее терминов и высказываний обнаруживается сложная организация содержания теоретических знаний. В теории нет линейной цепочки абстрактных объектов, последовательно конструируемых один из другого (как это представлено у Г. Маргенау). Скорее, следует говорить о некоторых узловых системах таких объектов, вокруг которых формируются непосредственно относящиеся к ним “дочерние” конструкты. Своеобразным каркасом, сцепляющим все эти элементы в единую организацию, служат фундаментальная теоретическая схема и частные теоретические схемы, которые формируются на основе фундаментальной и вместе с ней включаются в состав научной теории.

Содержательная структура развитой теории характеризуется тем, что входящие в теорию конструкты организованы не как простая, а как сложная система, включающая относительно самостоятельные подсистемы, которые связаны между собой по принципу уровневой иерархии (подсистемы низшего уровня координированы друг с другом и в то же время подчинены подсистемам высшего уровня).

Роль теоретических схем в дедуктивном развертывании теории

В логико-философском анализе языка науки довольно часто упускают из виду отмеченные особенности системной организации теоретических конструктов и не фиксируют теоретические схемы в качестве особых компонентов теории. На наш взгляд, это вызвано широко распространенным в логике и методологии науки подходом к любой научной теории только как к знанию, построенному по нормам аксиоматико-дедуктивной организации [12]. При рассмотрении научной теории с таких позиций видят в ней лишь выводение по правилам логики одних высказываний из других, что, в аспекте теоретического содержания, может быть истолковано как формирование все новых абстракций, призванных охарактеризовать исследуемую предметную область. Эти абстракции предстают как целостная система, внутри которой тем не менее весьма трудно выделить какие-либо уровни организации.

Однако естественнонаучные теории (впрочем, как и многие из теоретических систем математики), вообще говоря, лишь условно могут быть приняты за аксиоматико-дедуктивные системы. При анализе теоретических текстов обнаруживается, что даже в высокоразвитых теориях, широко использующих приемы формализованной аксиоматики, кроме формально-аксиоматической части существует некоторый принципиальный неформальный остаток, причем организованный вовсе не по нормам аксиоматико-дедуктивного построения.

Выясняется, что в процессе дедуктивного развертывания теории, наряду с аксиоматическими приемами рассуждения, большую роль играет генетически-конструктивный метод построения знаний, причем выступающий в форме своего содержательного варианта [13]. В отличие от аксиоматического метода, при котором “за исходное берут некоторую систему *высказываний*, описывающих некоторую область объектов, и систему логических действий над *высказываниями*” [14], генетический метод предполагает оперирование непосредственно с абстрактными объектами теории, зафиксированными в соответствующих знаках [15]. Процесс рассуждения в этом случае предстает “в форме мысленного эксперимента о предметах, которые взяты как конкретно наличные” [16].

Одним из примеров такого развертывания теории может служить евклидова геометрия [17]. Постулаты Евклида вводили основные абстрактные объекты — “точку”, “прямую”, “окружность”, “отрезок” — как определяемые через построение с помощью идеального циркуля и линейки. Все последующие рассуждения проводились на базе построения из основных объектов различных геометрических фигур. Мысленные эксперименты с фигурами (их расчленение и трансформация, а также их наложение друг на друга) служили основой для получения знаний, фиксируемых в системе соответствующих высказываний евклидовой геометрии [18].

Генетически-конструктивный подход сразу же делает очевидным факт существования теоретических схем. Такие схемы (вводимые в теоретическом языке в форме чертежей, снабженных соответствующими разъяснениями, либо через систему высказываний, характеризующих приемы конструирования и основные корреляции некоторого набора абстрактных объектов) предстают в качестве основы, обеспечивающей развертывание теоретических знаний.

Если с этих позиций рассмотреть процесс выведения из основных определений и аксиом физической теории их следствий, то обнаруживается, что, наряду с приемами развертывания знаний за счет движения в математическом формализме и формально-логических операций с терминами и высказываниями теории, большую роль играют мысленные эксперименты с абстрактными объектами теоретических схем. В этом нетрудно убедиться на любом конкретном примере. Так, возвращаясь к уже рассмотренному случаю с описанием процесса малых колебаний в рамках ньютоновской механики, можно установить, что выражение для закона малых колебаний нельзя получить из основных уравнений движения, если использовать только формально-логический вывод и средства математического формализма. Для вывода закона малых колебаний необходим целый ряд содержательных допущений: нужно конкретизировать вид силы, установить конкретный вид системы отсчета и рассмотреть характер перемещений материальной точки под действием квазиупругой силы в данной системе отсчета. Только после этого из основных уравнений движения механики можно вывести уравнение колебания. Все эти привычные для физика операции означают конструирование модели малых колебаний (осциллятора) на основе фундаментальной теоретической схемы механики и вывод уравнения колебания путем мысленного наблюдения за основными связями абстрактных объектов данной модели. В процессе такого вывода оперирование с элементами “осцилляторной модели” начинается с того момента, когда в уравнениях механики производится конкретизация вида силы, применительно к задаче малых колебаний. Уже само определение квазиупругой силы, как “силы, которая стремится вернуть материальную точку к положению равновесия”, эксплицирует осциллятор как модель малых колебаний. Только в рамках отношений между элементами этой модели может вводиться основной признак квазиупругой силы — “быть величиной, пропорциональной величине отклонения точки от положения равновесия”. Обозначая силу через F , отклонение от положения равновесия — через x получают выражение для силы $F = -kx$, где k — коэффициент пропорциональности. Подставляя это выражение в уравнение

$F = m \frac{d^2x}{dt^2}$ получают уравнение малых колебаний $m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0$. Такова в деталях процедура вывода уравнения колебаний из основных законов механики. Наглядно ее можно изобразить посредством следующей схемы.

В рассуждениях физика осциллятор играет примерно ту же роль, что и геометрическая фигура в рассуждениях математика. Он позволяет установить связь между силой и величиной отклонения материальной точки от положения равновесия, что в свою очередь приводит к конкретизации второго закона Ньютона и превращению его в уравнение колебаний.

Даже при самом современном способе изложения физической теории с применением развитых математических средств нельзя избежать обращения к содержательным операциям с абстрактными объектами, входящими в теоретические схемы. Именно за счет таких операций накладываются ограничения на основные уравнения теории и формулируются частные законы, применимые к решению той или иной конкретной теоретической задачи. Так, в классической теории поля (достигшей в современном изложении весьма высокого уровня математизации) для того, чтобы получить, допустим, из фундаментальных уравнений электромагнитного поля (уравнений Максвелла) выражения для законов Кулона и Био—Савара, приходится предварительно произвести ряд мысленных экспериментов с фундаментальной теоретической схемой, которая характеризует посредством связи векторов электрического и магнитного поля и вектора плотности заряда-тока структуру электромагнитных взаимодействий.

Для вывода закона Кулона вначале конкретизируют фундаментальную теоретическую схему классической электродинамики и создают на ее основе теоретическую модель, которая характеризует электростатическое поле точечного источника. Предполагают, что поле создается точечным зарядом, т. е. что оно направлено по радиусу — вектору, проведенному из точки, в которой находится заряд e . Затем определяют поток электрического поля через шаровую поверхность с радиусом R вокруг заряда e . Соответственно этой модели трансформируют уравнения Максвелла. Вначале переписывают их в форме, соответствующей выражению законов для постоянного электрического поля, а затем применяют к конкретной ситуации расчета величины потока поля через шаровую поверхность. Только благодаря всем этим операциям на основе уравнений Максвелла получают их следствие — закон Кулона[19].

Аналогичным способом выводится и закон Био—Савара. Его нельзя получить путем одних математических преобразований уравнений Максвелла. Необходимо вначале трансформировать фундаментальную теоретическую схему классической электродинамики в ее “дочернюю” модель, характеризующую постоянное магнитное поле, порождаемое стационарным током. Поэтому вывод уравнения Био—Савара начинается с предположения, что заряды, создающие электромагнитное поле, совершают только “финитное движение, при котором частицы все время остаются в конечной области пространства, причем импульсы тоже остаются всегда конечными”[20]. Затем, опираясь на указанные конкретизирующие предпосылки, видоизменяют уравнение Максвелла $\text{rot } \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{J}$ в уравнение $\text{rot } \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{J}$, после чего путем ряда математических преобразований[21] выводят закон Био—Савара, который в математической форме выражает корреляции абстрактных объектов теоретической схемы, характеризующей магнитное действие стационарного тока.

Таким образом, если заранее не подгонять любую естественнонаучную теорию под идеал аксиоматико-дедуктивного построения знаний, то можно довольно легко зафиксировать не только существование в ней теоретических схем, но и выявить важную роль последних в процессе развертывания теоретического содержания.

В физике такое развертывание может осуществляться, по меньшей мере, двумя взаимосвязанными способами: а) путем формальных операций со знаками теоретического языка (например, операций с физическими величинами по правилам математики) и б) за счет исследования методом мысленного эксперимента корреляций объектов, объединенных в теоретические схемы. В первом случае не обращают внимания на смысл знаков[22] и оперируют с ними по некоторым заданным правилам, образующим синтаксис принятого теоретического языка. Во втором — обязательно эксплицируют содержание соответствующих знаковых выражений и вводят представление об абстрактных объектах, находящихся в строго определенных связях и отношениях друг к другу. Развертывание знаний осуществляется в этом случае путем мысленного экспериментирования с абстрактными объектами, исследование связей которых позволяет выявлять новые признаки абстрактных объектов и вводить новые абстракции, продвигаясь в плоскости теоретического содержания без обращения к приемам формализованного мышления. Показательно, что в развитой научной теории эти два способа выведения знаний дополняют друг друга. Во всяком случае, анализ процедур развертывания физической теории показывает, что пробег в сфере математики, которая задает приемы “формальной работы” с физическими величинами, всегда сочетается с продвижением в теоретических схемах, которые эксплицируются время от времени в форме особых модельных представлений.

Это, конечно, не значит, что при развертывании теории оперируют абстрактными объектами теоретических схем только тогда, когда прибегают к содержательно-генетическим приемам вывода. Движение в плоскости математического формализма также выступает как особый способ исследования свойств и отношений абстрактных объектов теоретической схемы. Поскольку такие свойства и отношения представлены в уравнениях в виде физических величин и их связей, постольку решение уравнений может быть рассмотрено как своеобразная процедура оперирования соответствующими абстрактными объектами теоретических схем. В этом понимании описание возможных способов решения уравнений правомерно расценивать как характеристику операций, которые могут быть проведены над абстрактными объектами.

Абстрактные объекты теоретической схемы могут эксплицироваться путем содержательных определений и содержательного описания их корреляций. Но вместе с тем они могут быть введены при развертывании теории путем замены части содержательных определений математическими выражениями и последующих операций с данными выражениями по правилам математики. Показательно, что связь содержательно-генетического и формального метода развертывания теории проявляется в постоянном переходе от одной формы “знакового бытия” теоретической схемы к другой [23]. В процессе вывода исследователь оперирует и математическим языком, и содержательными описаниями. Он время от времени корректирует движение в математическом формализме содержательными операциями с абстрактными объектами теоретических схем, а затем вновь переходит к формальному способу оперирования с данными объектами, исследуя их связи за счет преобразования знаков математического языка в соответствии с его нормами.

Поскольку развертывание физической теории обязательно предполагает редукцию фундаментальной теоретической схемы к частным, постольку возникает вопрос о способах и приемах такой редукции. При генетически-конструктивном методе построения теории необходимо не только определить исходные абстрактные объекты, но и задать способ построения на их основе новых абстрактных объектов. Процедуры такого построения обеспечивают переход от фундаментальной теоретической схемы к частным.

Специфика сложных форм теоретического знания, таких как физическая теория, состоит в том, что операции построения частных теоретических схем на основе объектов фундаментальной теоретической схемы не описываются в явном виде в постулатах и определениях теории. Эти операции демонстрируются на конкретных примерах редукции фундаментальной теоретической схемы к частной. Такие примеры 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 электродинамике — вывод из уравнений Максвелла законов Био—Савара, Кулона, Ампера, Фарадея и т. п. Если проанализировать все эти формы вывода, то выяснится, что построение частной теоретической схемы на основе фундаментальной предполагает каждый раз обращение к исследуемому в теории объекту и выявление все новых его связей. При выводе с самого начала принимается во внимание специфика тех реальных процессов, для объяснения которых должна быть введена соответствующая частная теоретическая схема. Исследователь рассматривает эти процессы сквозь призму фундаментальной теоретической схемы (например, видит движение колеблющегося тела как перемещение материальной точки в системе отсчета), а затем осуществляет ряд мысленных экспериментов, в

ходе которых налагает на фундаментальную теоретическую схему ограничения, соответствующие особенностям исследуемых процессов (например, отмечает, что процесс колебания связан с действием сил, которые каждый раз возвращают материальную точку в положение равновесия). За счет таких ограничений происходит конкретизация фундаментальной теоретической схемы, и она преобразуется в частную теоретическую схему.

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 теории в особую теоретическую задачу. Дедуктивное развертывание теории осуществляется в форме решения таких задач. Решение некоторых из них с самого начала описывается в теории и предлагается в качестве образцов, в соответствии с которыми должны решаться все остальные задачи. Способ построения абстрактных объектов частной теоретической схемы на основе объектов фундаментальной теоретической схемы, необходимый для решения каждой новой теоретической задачи, демонстрируется на образцах уже решенных задач.

Отмеченную особенность дедуктивного развертывания физической теории зафиксировал Т.Кун при рассмотрении так называемых ординарных ситуаций научного исследования, связанных с приложением уже построенной теории к объяснению и предсказанию явлений.

Кун подчеркивал, что теоретическое описание и объяснение каждой новой физической ситуации осуществляется в соответствии с некоторой схемой видения (парадигмой), позволяющей изучать одну ситуацию по образу и подобию другой. В качестве главного компонента парадигмы он выделил образцы решения задач, благодаря которым осуществляется переход от основных законов теории к их следствиям, применяемым для характеристики тех или иных конкретных ситуаций[24].

Однако у Куна понятие образцов четко не определено. Лишь из контекста куновской работы можно установить, что он понимает под образцами способы оперирования модельными представлениями, которые обеспечивают вывод из одних формул математического аппарата других формул. В нашей терминологии эта деятельность может быть описана как редукция фундаментальной теоретической схемы к частной. Но последнее у Куна четко не выражено (в его работе вообще не дается характеристика структуры теоретических моделей и их типология). В этом смысле вышеизложенный анализ можно рассматривать как выяснение предметно-логической основы той деятельности, которую Кун называет использованием “образцов”.

Теоретические схемы и мысленные эксперименты с ними являются основой дедуктивного развертывания теории и ее приложения к описанию и объяснению различных проявлений изучаемой в теории реальности.

В свете сказанного можно внести ряд уточнений в представление о физической теории как о математическом аппарате, получившем физическую интерпретацию.

Во-первых, аппарат нельзя понимать как формальное исчисление, развертывающееся только в соответствии с правилами математического оперирования. Лишь отдельные фрагменты этого аппарата строятся подобным способом. “Сцепление” же их осуществляется за счет обращения к теоретическим схемам, которые эксплицируются в форме особых модельных представлений, что позволяет, проводя мысленные эксперименты над абстрактными объектами таких схем, корректировать преобразования уравнений принятого формализма.

Во-вторых, следует уточнить само понятие интерпретации. Известно, что интерпретация уравнений обеспечивается их связью с теоретической моделью, в

объектах которой выполняются уравнения, и связью уравнений с опытом. Последний аспект называют эмпирической интерпретацией. Для обозначения первого аспекта нет устоявшегося термина. Иногда его называют семантической интерпретацией. Семантика уравнений определяется обоими аспектами интерпретации, причем эти аспекты связаны между собой (ниже будет показано, что построение эмпирической интерпретации предполагает отображение теоретической модели на объекты реального опыта).

Фундаментальные уравнения теории приобретают физический смысл и статус физических законов благодаря отображению на теоретическую схему. Но было бы большим упрощением считать, что таким образом обеспечивается физический смысл и теоретических следствий, выводимых из фундаментальных уравнений. Чтобы обеспечить такой смысл, нужно еще уметь конструировать на основе фундаментальной теоретической схемы частные теоретические схемы. Нетрудно, например, установить, что математические выражения для законов Ампера, Био—Савара и т. д., выведенные из уравнений Максвелла, уже не могут интерпретироваться посредством фундаментальной теоретической схемы электродинамики. Они содержат в себе специфические величины, смысл которых идентичен признакам абстрактных объектов соответствующих частных теоретических схем, в которых векторы электрической, магнитной напряженности и плотности тока в точке замещаются другими конструктами: плотностью тока в определенном объеме, напряженностями поля, взятыми по некоторой конечной пространственной области, и т. д.

Поскольку построение частных теоретических схем на основе фундаментальной предполагает использование эталонных ситуаций решения теоретических задач, постольку интерпретация математического аппарата развитой теории предполагает включение в теорию исходного набора таких ситуаций. Истоки их формирования и включения в теорию можно выяснить, только исследовав закономерности генезиса фундаментальной теоретической схемы.

Итак, фундаментальная теоретическая схема и ее производные образования представляют своего рода внутренний скелет теоретического знания, определяющий как содержательную специфику теории, так и процедуры ее развертывания. Учитывая это, по-видимому, не будет большим преувеличением сказать, что проблема генезиса теории прежде всего выступает как проблема становления ее теоретических схем. В пользу решающей роли таких схем в генезисе теоретических знаний говорит и то обстоятельство, что именно они обеспечивают особый статус необходимости, свойственный теоретическим законам и отличающий последние от эмпирических обобщений, представленных эмпирическими зависимостями.

В науке всегда можно найти такие разновидности эмпирических обобщений, которые выражаются в виде количественных зависимостей и по своей математической форме полностью совпадают с соответствующим выражением для теоретического закона. Хотя по внешнему виду такие выражения одинаковы, между ними существует огромное различие: первые обладают только вероятностной истинностью, вторые — представляют собой достоверное знание.

Качественно новый смысл эмпирической формулы, возникающий при переводе ее в ранг теоретического закона, обеспечивает ее соединение с теоретической схемой, т. е. обоснование ее в качестве математического выражения корреляций между абстрактными объектами, составляющими данную схему. В последнем нетрудно убедиться, разобрав любой конкретный пример отношения эмпирической формулы к теоретическому закону.

Допустим, что мы повторили опыты Р. Бойля и установили зависимость между объемом и давлением газа. Из табличных данных, полученных на базе реального эксперимента, можно вывести формулу $pV = const$, где p — давление, V — объем

газа. Но сколько бы ни проводилось экспериментов с газами, никогда не будет гарантии, что в следующей серии опытов найденная зависимость не нарушится. Более того, она обязательно будет нарушаться, когда мы перейдем к опытам с большими давлениями, поскольку в этом случае существенную роль будут играть силы, которые не принимаются во внимание в законе Бойля—Мариотта, а учитываются лишь в уравнении Ван-дер-Ваальса. Это значит, что увеличение числа наблюдений не придает статуса необходимости разбираемой эмпирической зависимости. Для этого требуется особое доказательство, которое осуществляется следующим образом.

Вводится система абстрактных объектов, в качестве которых фигурируют: а) идеальный газ, представленный как набор идеально упругих и бесконечно малых частиц, соударяющихся друг с другом; в) идеальный сосуд, в который заключены эти частицы; с) идеальный поршень, который сжимает идеальный газ, двигаясь внутри сосуда. В процессе мысленного эксперимента устанавливаются следующие отношения данных объектов: идеально упругие частицы, двигаясь по законам механики, ударяются о стенки сосуда так, что суммарная сила всех их ударов на единицу площади характеризует давление газа. Математическое выражение этих отношений, основанное на применении фундаментальных законов механики, позволяет вывести зависимость $pV = const$, зафиксированную ранее в опыте.

В результате этих процедур индуктивно полученная формула становится законом, описывающим поведение достаточно разреженных газов. Таким образом, для получения закона, характеризующего связь между объемом и давлением газа, понадобилось построить теоретическую схему, которая известна в науке как модель идеального газа. Эта модель фиксировалась в особой знаковой форме (например, в форме снабженного соответствующими разъяснениями чертежа, изображающего идеальный сосуд переменного объема и набор частиц газа, заключенных в сосуд). Затем при выражении связей и отношений между объектами данной схемы в математическом языке была получена формула $pV=const$, которая теперь предстала в качестве теоретического высказывания. Хотя ее вид остался тот же, что и при выражении на языке математики зависимости, полученной из опыта, величины p и V приобрели иной физический смысл. Они стали выражать уже не корреляции реальных, эмпирически фиксируемых сосудов и газов, а отношения абстрактных объектов теоретического языка, посредством которых строится модель идеального газа. В результате формула $pV=const$ была возведена в ранг теоретического закона и приобрела признаки всеобщности и необходимости.

Рассмотренный пример принципиального различия между эмпирической зависимостью и теоретическим законом имеет корни в реальной истории науки. Он в сжатом виде воспроизводит логику открытия одного из основных законов теории газов. Сама история этого открытия весьма интересна и поучительна. Как эмпирическая зависимость формула $pV=const$ была получена во многом случайно, как побочный результат спора между двумя известными физиками XVII столетия Р.Бойлем и Ф.Линнусом[25]. Спор шел по поводу интерпретации опытов Бойля, обнаруживших явление барометрического давления. Бойль проделал следующий опыт: трубку, запаянную сверху и наполненную ртутью, он погружал в чашку с ртутью. Согласно принципу сообщающихся сосудов следовало ожидать, что уровень ртути в трубке и в чашке будет выровнен. Но опыт показал, что лишь некоторая часть ртути выливается в чашку, а остальная часть в виде столбика стоит над поверхностью ртути в чашке. Бойль интерпретировал этот опыт следующим образом: давление воздуха на поверхность ртути в чашке удерживает столбик ртути над этой поверхностью. Высота столбика является показателем величины атмосферного давления. Тем самым был предложен принцип барометра — прибора, измеряющего давление.

Однако Ф.Линнус выдвинул следующие возражения: воздух состоит из легких частиц, он подобен тонкой и податливой жидкости, которая не может устоять под давлением тяжелых частиц ртути. Поэтому воздух не может удерживать столб ртути. Удерживает его притяжение ртути к верхнему концу барометрической трубки. Линнус писал, что, затыкая сверху барометрическую трубку пальцем, он чувствовал нити притяжения, когда опускал ее в чашку. Сам по себе этот исторический факт весьма показателен. Он свидетельствует о том, что один и тот же результат опыта может получить различные интерпретации и использоваться для подтверждения различных концепций.

Чтобы доказать Линнусу, что воздух способен удерживать столб ртути, Бойль поставил новый опыт. Он взял изогнутую в виде сифона стеклянную трубку с запаянным коротким коленом и стал постепенно наполнять ее ртутью. По мере увеличения столбика ртути воздух в колене сжимался, но не вытеснялся полностью. Бойль составил таблицу отношения объемов воздуха и величины столбика ртути и послал ее Линнусу как доказательство правильности своей интерпретации.

Казалось бы, история с объяснением барометрического давления закончена. Но она получила неожиданно продолжение. У Бойля был ученик, молодой человек по имени Тоунлей, которого Бойль обучал основам физики и математики. Именно Тоунлей, изучая таблицу опытов Бойля, подметил, что объемы сжимаемого воздуха пропорциональны высоте давящего на воздух столбика ртути. После этого Бойль увидел свои опыты в новом ракурсе. Столбик ртути — это своеобразный поршень, сжимающий воздух, и вес столбика соответствует давлению. Поэтому пропорция в табличных данных означает зависимость между величиной давления и объема газа. Так было получено соотношение $PV = \text{const}$, которое Бойль подтвердил множеством опытов с давлениями, большими и меньшими атмосферного.

Примерно в этот же период Мариотт повторил опыты Бойля, используя небольшие давления в экспериментах с различными газами и получил тот же результат.

Аппаратура, которой пользовались и Бойль, и Мариотт, не позволяла осуществить эксперименты с давлениями, значительно большими атмосферного. Но если бы они имели возможности произвести такие эксперименты, то обнаружили бы нарушение открытой зависимости, и тогда никто не стал бы ее интерпретировать как закон.

Еще раз подчеркнем, что зависимость, открытая Бойлем, была вероятностно-истинным знанием, обобщением такого же типа, как утверждение “все лебеди белые”, которое было справедливым, пока не открыли черных лебедей. Теоретический же закон $PV = \text{const}$ был получен позднее, когда была построена модель идеального газа.

Вывел этот закон физик Д.Бернулли (академик Санкт-Петербургской Императорской академии) в 1730 г. Он исходил из атомистических представлений о газе и представил частицы газа в качестве материальных точек, соударяющихся наподобие упругих шаров.

К идеальному газу, находящемуся в идеальном сосуде под давлением, Бернулли применил законы ньютоновской механики и путем расчетов получил формулу $PV = \text{const}$. Это была та же самая формула, которую уже ранее получил Р.Бойль. Но смысл ее был уже иной. У Бойля $PV = \text{const}$ соотносилась со схемой реальных экспериментов и таблицами их результатов. У Бернулли она была связана с теоретической моделью идеального газа. В этой модели были выражены существенные характеристики поведения любых газов при относительно небольших давлениях. И закон, непосредственно описывающий эти существенные связи, выступал уже как достоверное, истинное знание.

Сказанному можно придать характер общего утверждения.

Поскольку предсказательная сила индуктивных обобщений всегда имеет только вероятностный характер, постольку простое расширение класса наблюдений, согласующихся с эмпирической зависимостью, не выводит ее из ранга гипотетического предположения о законе и не придает ей признака необходимости. Этот переход возможен лишь тогда, когда связь между величинами, представленными в эмпирической зависимости, будет получена в системе операций над абстрактными объектами теоретической схемы, которая является идеализированной моделью исследуемой реальности.

Таким образом, в качестве фундаментальной проблемы теории познания и методологии науки выдвигается проблема происхождения теоретических схем. На первый взгляд кажется очевидным, что источник их происхождения нужно искать в обобщении опыта, поскольку они создаются для описания уже известных данных опыта и предсказания новых результатов. Задача состоит лишь в том, чтобы раскрыть, как осуществляется это обобщение.

Однако именно здесь и возникают основные трудности. К теоретическим схемам в первую очередь относится та характерная особенность возникновения теоретических знаний, которая заключается в невозможности вывести их из опыта чисто индуктивным путем.

Уже в простейшем случае с законом $pV = const$ видно, что используемая в процессе теоретического доказательства модель, в которой взаимодействие молекул газа представлено как соударение абсолютно упругих и бесконечно малых тел, не могла быть почерпнута непосредственно из опытов Бойля и Мариотта, хотя и была необходима для объяснения этих опытов. Еще более отчетливо эта особенность построения теоретических схем прослеживается в современной физике. Даже беглое знакомство с ее историей позволяет обнаружить специфику построения фундаментальных абстрактных объектов, образующих ее теоретические схемы. Нетрудно убедиться, что такие объекты, как, например, электронно-позитронное поле, энергия вакуума в квантовой электродинамике или четырехмерный пространственно-временной континуум в электродинамике Эйнштейна — Лоренца и т. п., первоначально вводились из теоретических соображений и лишь в дальнейшем получали эмпирическое обоснование. Но тогда перед теорией познания и методологией науки возникает задача объяснить, почему созданная таким способом система абстрактных объектов (теоретическая схема) может служить основой для предсказания данных опыта? Именно на этом пути нужно искать ключ к пониманию методов построения теории.

На наш взгляд, первые шаги в этом направлении должны быть связаны с анализом роли теоретических схем в рамках уже сложившихся знаний, когда последние используются для объяснения и предсказания реальных явлений. Поскольку в процессе объяснения и предсказания теоретические схемы соотносятся с изучаемой действительностью, постольку указанный анализ позволит выявить признаки, гарантирующие объективную ценность теоретических схем, что, в свою очередь, может послужить отправной базой для выяснения их генезиса.

Теоретические схемы и опыт.

Операциональный статус теоретических схем

Теоретические знания создаются именно для того, чтобы объяснять и предсказывать результаты опыта и поэтому должны сопоставляться с эмпирическим материалом. Однако само по себе такое сопоставление отнюдь не является простой процедурой.

Допустим, что по формуле Био—Савара, выражающей закон магнитного действия тока, нужно рассчитать угол отклонения магнитной стрелки, находящейся вблизи прямолинейного провода, когда по нему проходит ток определенной силы (опыт Био—Савара).

Поскольку смысл формулы, выражающей закон Био—Савара, связан с корреляциями абстрактных объектов, образующих теоретическую схему (“дифференциально-малый ток” и “магнитное поле, порождаемое током”), постольку эту формулу нельзя сразу применять для расчетов в эмпирической области. В подобных случаях следует предварительно истолковывать соответствующие величины математической формулировки закона как соотносимые с конкретной экспериментальной ситуацией. С этой целью из закона Био—Савара выводится промежуточное следствие — эмпирическая формула, в которую вместо величин, характеризующих дифференциально-малый ток и напряженность магнитного поля, введены новые величины, характеризующие отклонение магнитной стрелки на заданный угол и конфигурацию провода, определяющую интегральное распределение тока. Только с этой эмпирической формулой, а не с законом Био—Савара, можно сравнивать эмпирические зависимости, полученные в реальном опыте.

Рассмотрим, в чем состоит смысл указанного эмпирического следствия, выведенного из теоретического закона. Оказывается, в эмпирической формуле появились особые конструкты, которые в отличие от абстрактных объектов теории уже не являются идеализациями и могут быть сопоставлены непосредственно с реальными объектами, взаимодействующими в опыте. Эти конструкты являются эмпирическими объектами. В своих связях они вводят особое представление экспериментальных ситуаций, которое будем называть *эмпирической схемой*.

Эмпирические объекты, хотя и сопоставляются с реальными предметами опыта, не тождественны последним. Они суть абстракции, существующие только в идеальном плане, как смысл знаков эмпирического языка науки. Так, реальная магнитная стрелка и провод с током обладают множеством признаков и свойств, но в рамках эмпирической схемы они представлены только по признакам “быть ориентированной магнитным полем” и, соответственно, “проводить ток определенной силы” и “иметь определенную конфигурацию”. Все остальные свойства данных объектов исключаются из рассмотрения. В связи с этим каждый элемент эмпирической схемы сопоставляется не просто одному единственному объекту, с которым оперирует в эксперименте исследователь, а классу таких объектов. Это значит, что схема соответствует не каждой данной в некоторый промежуток времени реальной экспериментальной ситуации, а *типу* такой ситуации (например, эмпирическая схема опыта с проводом и магнитной стрелкой относится к любому эксперименту с любым током заданной силы в прямолинейном проводе и с любой миниатюрной магнитной стрелкой). В эмпирической схеме представлены основные характеристики объектов, взаимодействующих в реальном опыте. Эта сторона эмпирической схемы особенно отчетливо прослеживается в случае, если учесть, что ее можно получить не только “сверху” — при выводе эмпирической зависимости из теоретического закона, но и “снизу” — как содержание эмпирической зависимости, возникшей в результате статистической обработки и интерпретации данных наблюдения. На этой проблеме следует остановиться специально, так как здесь мы сталкиваемся со сложной организацией эмпирического уровня исследований и соответствующих форм эмпирического знания.

Долгое время в философии науки в качестве фундамента, на котором вырастают и с которыми соотносятся научные теории, полагались наблюдения. Данные наблюдения именовались опытными данными, а также опытными фактами. Однако в 30-х годах нашего столетия в позитивистской философии дискуссия по проблеме

протокольных предложений обнаружила неадекватность этих казалось бы очевидных представлений. Выяснилось, что эмпирические знания, представленные протокольными предложениями — высказываниями, фиксирующими в языковой форме данные непосредственного наблюдения, — не являются эмпирическим базисом теории и не тождественны эмпирическим фактам как особому виду эмпирического знания.

В протоколе наблюдения указывается, кто наблюдал, время наблюдения, описываются приборы, если они применялись в наблюдении, а протокольные предложения формулируются как высказывания типа: NN наблюдал, что после включения тока стрелка на приборе показывает цифру 5, NN наблюдал в телескоп на участке неба (с координатами x, y) яркое световое пятнышко и т.п.

Если, например, проводился социологический опрос, то в роли протокола наблюдения выступает анкета с ответом опрашиваемого. Если же в процессе наблюдения осуществлялись измерения, то каждая фиксация результата измерения эквивалентна протокольному предложению.

Анализ смысла протокольных предложений показал, что они содержат не только информацию об изучаемых явлениях, но и, как правило, включают ошибки наблюдателя, наложения внешних возмущающих воздействий, систематические и случайные ошибки приборов и т.п. Но тогда стало очевидным, что данные наблюдения, в силу того что они отягощены субъективными наслоениями, не могут служить основанием для теоретических построений.

В результате была поставлена проблема выявления таких форм эмпирического знания, которые бы имели интерсубъективный статус, содержали бы объективную и достоверную информацию об изучаемых явлениях.

В ходе дискуссий было установлено, что такими знаниями выступают эмпирические факты. Именно они образуют эмпирический базис, на который опираются научные теории.

Факты фиксируются в языке науки в высказываниях типа: “сила тока в цепи зависит от сопротивления проводника”; “в созвездии Девы вспыхнула сверхновая звезда”; “более половины опрошенных в городе недовольны экологией городской среды” и т.п.

Уже сам характер фактофиксирующих высказываний подчеркивает их особый объективный статус по сравнению с протокольными предложениями. Но тогда возникает новая проблема: как осуществляется переход от данных наблюдения к эмпирическим фактам и что гарантирует объективный статус научного факта?

Постановка этой проблемы была важным шагом на пути к выяснению структуры эмпирического познания. Эта проблема активно разрабатывалась в методологии науки XX столетия. В конкуренции различных подходов и концепций она выявила многие важные характеристики научной эмпирии, хотя и на сегодняшний день проблема далека от окончательного решения.

Определенный вклад в ее разработку был внесен и позитивизмом, хотя нелишне подчеркнуть, что его стремление ограничиться только изучением внутренних связей научного знания и абстрагироваться от взаимоотношения науки и практики резко суживали возможности адекватного описания исследовательских процедур и приемов формирования эмпирического базиса науки.

Нам представляется, что деятельностный подход открывает больше возможностей для анализа. С позиций этого подхода мы и будем рассматривать структуру и функции каждого из отмеченных слоев эмпирического уровня познания. Начнем с более детального анализа подуровня наблюдений, который обеспечивает непосредственный контакт субъекта с исследуемыми процессами. Важно сразу же уяснить, что научное наблюдение носит деятельностный характер,

предполагая не просто пассивное созерцание изучаемых процессов, а их особую предварительную организацию, обеспечивающую контроль за их протеканием.

Деятельностная природа эмпирического исследования на уровне наблюдений наиболее отчетливо проявляется в ситуациях, когда наблюдение осуществляется в ходе реального эксперимента. Целесообразно вначале более подробно рассмотреть, в чем заключается особенность экспериментального исследования как практической деятельности, структура которой реально выявляет те или иные интересные для исследователя связи и состояния действительности.

Предметная структура экспериментальной практики может быть рассмотрена в двух аспектах: во-первых, как взаимодействие объектов, протекающее по естественным законам, и, во-вторых, как искусственное, человеком организованное действие. В первом аспекте мы можем рассматривать взаимодействие объектов как некоторую совокупность связей и отношений действительности, где ни одна из этих связей актуально не выделена в качестве исследуемой. В принципе, объектом познания может служить любая из них. Лишь учет второго аспекта позволяет выделить ту или иную связь по отношению к целям познания и тем самым зафиксировать ее в качестве предмета исследования. Но тогда явно или неявно совокупность взаимодействующих в опыте объектов как бы организуется в системе определенной цепочки отношений: целый ряд их реальных связей оказывается несущественным, и функционально выделяется лишь некоторая группа отношений, характеризующих изучаемый “срез” действительности.

Проиллюстрируем это на простом примере[26]. Допустим, что в рамках классической механики изучается движение относительно поверхности земли массивного тела небольших размеров, подвешенного на длинной нерастягивающейся нити. Если рассматривать такое движение только как взаимодействие природных объектов, то оно предстает в виде суммарного итога проявления самых различных законов. Здесь как бы “накладываются” друг на друга такие связи природы, как законы колебания, свободного падения, трения, аэродинамики (обтекание газом движущегося тела), законы движения в неинерциальной системе отсчета (наличие сил Кориолиса вследствие вращения Земли) и т.д. Но как только описанное взаимодействие природных объектов начинает рассматриваться в качестве эксперимента по изучению, например, законов колебательного движения, то тем самым из природы вычленяется определенная группа свойств и отношений этих объектов.

Прежде всего взаимодействующие объекты — Земля, движущееся массивное тело и нить подвеса — рассматриваются как носители только определенных свойств, которые функционально, самым способом “включения” их в “экспериментальное взаимодействие”, выделяются из всех других свойств. Нить и подвешенное на ней тело предстают как единый предмет — маятник. Земля фиксируется в данной экспериментальной ситуации как тело отсчета (для этого выделяется направление силы тяжести, которое задает линию равновесия маятника) и как источник силы, приводящий в движение маятник. Последнее в свою очередь предполагает, что сила тяжести Земли должна рассматриваться лишь в определенном аспекте. А именно, поскольку, согласно цели эксперимента, движение маятника представляется как частный случай гармонического колебания, то тем самым учитывается лишь одна составляющая силы тяжести, которая возвращает маятник к положению равновесия. Другая же составляющая не принимается во внимание, поскольку она компенсируется силой натяжения нити.

Описанные свойства взаимодействующих объектов, выступая в акте экспериментальной деятельности на передний план, тем самым вводят строго определенную группу отношений, которая функционально вычленяется из всех других отношений и связей природного взаимодействия. По существу описанное

движение подвешенного на нити массивного тела в поле тяжести Земли предстает как процесс периодического движения центра массы этого тела под действием квазиупругой силы, в качестве которой фигурирует одна из составляющих силы тяготения Земли. Эта “сетка отношений”, выступающая на передний план в рассматриваемом взаимодействии природы, и есть та объектная структура практики, в рамках которой изучаются законы колебательного движения.

Допустим, однако, что то же самое движение в поле тяжести Земли тела, подвешенного на нити, выступает как эксперимент с маятником Фуко. В этом случае предметом изучения становится иная связь природы — законы движения в инерциальной системе. Но тогда требуется выделить совершенно иные свойства взаимодействующих фрагментов природы.

Фактически закрепленное на нити тело функционирует теперь только как движущаяся масса с фиксированным относительно Земли направлением движения. Строго говоря, при этом система “тело плюс нить в поле тяжести” уже не рассматривается как маятник (поскольку здесь оказывается несущественной с точки зрения изучаемой связи основная характеристика маятника — период его колебания). Далее, Земля, относительно которой рассматривается движение тела, теперь фиксируется по иным признакам. Из всего многообразия ее свойств в рамках данного эксперимента оказываются существенными направление оси вращения Земли и величина угловой скорости вращения, задание которых позволяет определить кориолисовы силы. Силы же тяготения в принципе уже не играют существенной роли для целей экспериментального исследования кориолисовых сил. В результате выделяется новая “сетка отношений”, которая характеризует изучаемый в рамках данного эксперимента срез действительности. На передний план выступает теперь движение тела с заданной скоростью вдоль радиуса равномерно вращающегося диска, роль которого играет плоскость, перпендикулярная оси вращения Земли и проходящая через ту точку, где в момент наблюдения находится рассматриваемое тело. Это и есть структура эксперимента с маятником Фуко, позволяющего изучать законы движения в неинерциальной (равномерно вращающейся) системе отсчета.

Аналогичным образом в рамках анализируемого взаимодействия природы можно было бы выделить объектные структуры иного типа, если данное взаимодействие представить как разновидность экспериментальной практики по изучению, например, законов свободного падения или, допустим, законов аэродинамики (разумеется, отвлекаясь при этом от того, что в реальной экспериментальной деятельности такого рода опыты для данной цели не используются). Анализ таких абстрактных ситуаций хорошо иллюстрирует то обстоятельство, что реальное взаимодействие природы может быть представлено как своего рода “суперпозиция” различного типа “практических структур”, число которых в принципе может быть неограниченным.

В системе научного эксперимента каждая из таких структур выделяется благодаря фиксации взаимодействующих объектов по строго определенным свойствам. Эта фиксация, конечно, не означает, что у объектов природы исчезают все другие свойства, кроме интересующих исследователя. В реальной практике необходимые свойства объектов выделяются самим характером оперирования с ними. Для этого объекты, приведенные во взаимодействие в ходе эксперимента, должны быть предварительно выверены практическим употреблением на предмет существования у них свойств, стабильно воспроизводящихся в условиях будущей экспериментальной ситуации. Так, нетрудно видеть, что эксперимент с колебанием маятника мог быть осуществлен лишь постольку, поскольку предшествующим развитием практики было строго выявлено, что, например, сила тяжести Земли в данном месте постоянна, что любое тело, имеющее точку подвеса, будет совершать

колебания относительно положения равновесия и т.п. Важно подчеркнуть, что вычленение этих свойств стало возможным лишь благодаря соответствующему практическому функционированию рассматриваемых объектов. В частности, свойство Земли быть источником постоянной силы тяготения многократно использовалось в человеческой практике, например, при перемещении различных предметов, забивании свай с помощью падающего груза и т.п. Подобные операции позволили функционально выделить характеристическое свойство Земли “быть источником постоянной силы тяжести”.

В этом смысле в экспериментах по изучению законов колебания маятника Земля выступает не просто как природное тело, а как своеобразный “искусственно изготовленный” объект человеческой практики, ибо для природного объекта “Земля” данное свойство не имеет никаких “особых привилегий” по сравнению с другими свойствами. Оно существует реально, но на передний план как особое, выделенное свойство выступает только в системе определенной человеческой практики. Экспериментальная деятельность представляет собой специфическую форму природного взаимодействия, и важнейшей чертой, определяющей эту специфику, является именно то, что взаимодействующие в эксперименте фрагменты природы всегда предстают как объекты с функционально выделенными свойствами.

В развитых формах эксперимента такого рода объекты изготавливаются искусственно. К ним относятся в первую очередь приборные установки, с помощью которых проводится экспериментальное исследование. Например, в современной ядерной физике это могут быть установки, приготавливающие пучки частиц, стабилизированные по определенным параметрам (энергия, пульс, поляризация); мишени, бомбардируемые этими пучками; приборы, регистрирующие результаты взаимодействия пучка с мишенью. Для наших целей важно уяснить, что само изготовление, выверка и использование таких установок аналогичны операциям функционального выделения свойств у объектов природы, которыми оперирует исследователь в описанных выше экспериментах с маятником. В обоих случаях из всего набора свойств, которыми обладают материальные объекты, выделяются лишь некоторые свойства, и данные объекты функционируют в эксперименте только как их носители.

С таких позиций вполне правомерно рассматривать объекты природы, включенные в экспериментальную ситуацию, как “квазиприборные” устройства независимо от того, получены они искусственным путем или естественно возникли в природе независимо от деятельности человека. Так, в экспериментальной ситуации по изучению законов колебания Земля “функционирует” как особая приборная подсистема, которая как бы “приготавливает” постоянную силу тяготения (аналогично тому, как созданный человеком ускоритель при жестко фиксированном режиме работы будет генерировать импульсы заряженных частиц с заданными параметрами). Сам маятник играет здесь роль рабочего устройства, функционирование которого дает возможность зафиксировать характеристики колебания. В целом же система “Земля плюс маятник” может быть рассмотрена как своеобразная квазиэкспериментальная установка, “работа” которой позволяет исследовать законы простого колебательного движения.

В свете сказанного специфика эксперимента, отличающая его от взаимодействий в природе “самой по себе”, может быть охарактеризована так, что в эксперименте взаимодействующие фрагменты природы всегда выступают в функции приборных подсистем. Деятельность по “наделению” объектов природы функциями приборов будем в дальнейшем называть созданием приборной ситуации. Причем саму приборную ситуацию будем понимать как функционирование квазиприборных устройств, в системе которых испытывается некоторый фрагмент природы. И поскольку характер взаимоотношений испытываемого фрагмента с

квазиприборными устройствами функционально выделяет у него некоторую совокупность характеристических свойств, наличие которых в свою очередь определяет специфику взаимодействий в рабочей части квазиприборной установки, то испытуемый фрагмент включается как элемент в приборную ситуацию.

В рассматриваемых выше экспериментах с колебанием маятника мы имели дело с существенно различными приборными ситуациями в зависимости от того, являлось ли целью исследования изучение законов колебания или законов движения в равномерно вращающейся системе. В первом случае маятник включен в приборную ситуацию в качестве испытуемого фрагмента, во втором он выполняет совершенно иные функции. Здесь он выступает как бы в трех отношениях: 1) само движение массивного тела (испытуемый фрагмент) включено в функционирование рабочей подсистемы в качестве ее существенного элемента (наряду с вращением Земли); 2) периодичность же движения маятника, которая в предыдущем опыте играла роль изучаемого свойства, теперь используется только для того, чтобы обеспечить стабильные условия наблюдения. В этом смысле колеблющийся маятник функционирует уже как готовящая приборная подсистема; 3) свойство маятника сохранять плоскость колебания позволяет использовать его и в качестве части регистрирующего устройства. Сама плоскость колебания здесь выступает в роли своеобразной стрелки, поворот которой относительно плоскости вращения Земли фиксирует наличие кориолисовой силы. Такого рода функционирование взаимодействующих в опыте природных фрагментов в роли приборных подсистем или их элементов и выделяет актуально, как бы “выталкивает” на передний план, отдельные свойства этих фрагментов. Все это приводит к функциональному вычленению из множества потенциально возможных объектных структур практики именно той, которая репрезентирует изучаемую связь природы.

Такого рода связь выступает как объект исследования, который изучается и на эмпирическом, и на теоретическом уровнях познавательной деятельности. Выделение объекта исследования из совокупности всех возможных связей природы определяется целями познания и на разных уровнях последнего находит свое выражение в формулировке различных познавательных задач. На уровне экспериментального исследования такие задачи выступают как требование зафиксировать (измерить) наличие какого-либо характеристического свойства у испытуемого фрагмента природы. Однако важно сразу же уяснить, что объект исследования всегда представлен не отдельным элементом (вещью) внутри приборной ситуации, а всей ее структурой.

На примерах, разобранных выше, по существу было показано, что соответствующий объект исследования — будь то процесс гармонического колебания или движение в неинерциальной системе отсчета — может быть выявлен только через структуру отношений, участвующих в эксперименте природных фрагментов.

Аналогичным образом обстоит дело и в более сложных случаях, относящихся, например, к экспериментам в атомной физике. Так, в известных опытах по обнаружению комптон-эффекта предмет исследования — “корпускулярные свойства рентгеновского излучения, рассеянного на свободных электронах”, — определялся через взаимодействие потока рентгеновского излучения и рассеивающей его графитной мишени при условии регистрации излучения особым прибором. И только структура отношений всех этих объектов (включая прибор для регистрации) репрезентирует исследуемый срез действительности. Такого рода фрагменты реальных экспериментальных ситуаций, использование которых задает объект исследования, будем называть в дальнейшем *объектами оперирования*. Данное различие позволит избежать двусмысленности при использовании термина “объект” в процессе описания познавательных операций науки. В этом

различии фиксируется тот существенный факт, что объект исследования не совпадает ни с одним из отдельно взятых объектов оперирования любой экспериментальной ситуации. Подчеркнем также, что объекты оперирования по определению не тождественны “естественным” фрагментам природы, поскольку выступают в системе эксперимента как своеобразные “носители” некоторых функционально выделенных свойств. Как было показано выше, объекты оперирования обычно наделяются приборными функциями и в этом смысле, будучи реальными фрагментами природы, вместе с тем выступают и как продукты “искусственной” (практической) деятельности человека.

Наблюдения выступают в этом случае не просто фиксацией некоторых признаков испытуемого фрагмента. Они несут неявно информацию и о тех связях, которые породили наблюдаемые феномены.

Конечная цель естественнонаучного исследования состоит в том, чтобы найти законы (существенные связи объектов), которые управляют природными процессами, и на этой основе предсказать будущие возможные состояния этих процессов. Поэтому если исходить из глобальных целей познания, то предметом исследования нужно считать существенные связи и отношения природных объектов.

Но на разных уровнях познания такие связи изучаются по-разному. На теоретическом уровне они отображаются “в чистом виде” через систему соответствующих абстракций. На эмпирическом они изучаются по их проявлению в непосредственно наблюдаемых эффектах. Поэтому глобальная цель познания конкретизируется применительно к каждому из его уровней. В экспериментальном исследовании она выступает в форме специфических задач, которые сводятся к тому, чтобы установить, как некоторое начальное состояние испытуемого фрагмента природы при фиксированных условиях порождает его конечное состояние. По отношению к такой локальной познавательной задаче вводится особый предмет изучения. Им является объект, изменение состояний которого прослеживается в опыте. В отличие от предмета познания в глобальном смысле его можно было бы называть предметом эмпирического знания. Между ним и предметом познания, единым как для эмпирического, так и для теоретического уровней, имеется глубокая внутренняя связь.

Когда в эксперименте и наблюдении исследователь регистрирует конечное состояние O_2 испытуемого объекта, то при наличии фиксированной приборной ситуации и начального O_1 состояния объекта это эквивалентно нахождению последнего недостающего звена, которое позволяет охарактеризовать структуру экспериментальной деятельности. Определив эту структуру, исследователь тем самым неявно выделяет среди многочисленных связей и отношений природных объектов связи (закономерности), которые управляют изменением состояний объекта эмпирического знания. Переход объекта из состояния O_1 в состояние O_2 не произволен, а определен законами природы. Поэтому, многократно зарегистрировав в эксперименте и наблюдении изменение состояний объекта, исследователь неявно фиксирует самой структурой деятельности и соответствующий закон природы.

Объекты эмпирического знания выступают здесь в качестве своеобразного индикатора предмета исследования, общего как для эмпирического, так и для теоретического уровней.

Разумеется, это становится возможным только при условии, когда отсутствуют неконтролируемые возмущающие воздействия, искажающие результат эксперимента.

Но в реальном исследовании, даже при самом тщательном соблюдении условий чистоты эксперимента, нет гарантий, что не появится случайная внешняя помеха, искажающая протекание изучаемого процесса. Тогда отдельно взятое наблюдение может предстать как итог влияния этой искажающей помехи. Кроме того возможны

случайные и систематические ошибки приборов, применяемых в эксперименте и наблюдении, и, наконец, субъективные ошибки самого наблюдателя.

В силу всех этих случайностей и субъективных наслоений данные наблюдения не могут быть непосредственным эмпирическим базисом для теории. Такой базис составляют эмпирические знания иного типа — эмпирические зависимости и факты, которые образуют особый слой эмпирического уровня науки, возвышающимся над слоем данных наблюдения.

Переход от данных наблюдения к эмпирическим зависимостям и научному факту предполагает элиминацию из наблюдений содержащихся в них субъективных моментов (связанных с возможными ошибками наблюдателя, случайными помехами, искажающими протекание изучаемых явлений, ошибками приборов) и получение достоверного объективного знания о явлениях.

Такой переход предполагает довольно сложные познавательные процедуры. Чтобы получить эмпирический факт, необходимо осуществить по меньшей мере два типа операций. Во-первых, рациональную обработку данных наблюдения и поиск в них устойчивого, инвариантного содержания. Для формирования факта необходимо сравнить между собой множество наблюдений, выделить в них повторяющиеся признаки и устранить случайные возмущения и погрешности, связанные с ошибками наблюдателя. Если в процессе наблюдения производится измерение, то данные наблюдения записываются в виде чисел. Тогда для получения эмпирического факта требуется определенная статистическая обработка результатов измерения, поиск среднестатистических величин в множестве этих данных.

Если в процессе наблюдения применялись приборные установки, то наряду с протоколами наблюдения всегда составляется протокол контрольных испытаний приборов, в котором фиксируются их возможные систематические ошибки. При статистической обработке данных наблюдения эти ошибки также учитываются, они элиминируются из наблюдений в процессе поиска их инвариантного содержания.

Поиск инварианта как условия формирования эмпирического факта свойствен не только естественнонаучному, но и социально-историческому познанию. Скажем, историк, устанавливающий хронологию событий прошлого, всегда стремится выявить и сопоставить множество независимых исторических свидетельств, выступающих для него в функции данных наблюдения.

Во-вторых, для установления факта необходимо истолкование выявляемого в наблюдениях инвариантного содержания. В процессе такого истолкования широко используются ранее полученные теоретические знания.

Рассмотрим две конкретные ситуации, иллюстрирующие эту роль теоретических знаний при переходе от наблюдений к факту.

Известно, что одним из важных физических открытий конца XIX века было обнаружение катодных лучей, которые (как выяснилось в ходе дальнейших исследований) представляют собой поток электронов. Экспериментируя с катодными лучами, У.Крукс зарегистрировал их отклонение под воздействием магнита. Полученные в этом опыте данные наблюдения были интерпретированы им как доказательство того, что катодные лучи являются потоком заряженных частиц. Основанием такой интерпретации послужили теоретические знания о взаимодействии заряженных частиц и поля, почерпнутые из классической электродинамики. Именно их применение привело к переходу от инварианта наблюдений к соответствующему эмпирическому факту.

Процедуру интерпретации данных наблюдения не следует путать с процессом формирования теории, которая должна дать объяснение полученному факту. Установление факта, что катодные лучи являются электрически заряженными частицами, не является теорией, хотя и получено с применением теоретических понятий.

Но тогда возникает очень сложная проблема, которая дискутируется сейчас в методологической литературе: получается, что для установления факта нужны теории, а они, как известно, должны проверяться фактами. Эта проблема решается только в том случае, если взаимодействие теории и факта рассматривается исторически. Безусловно, при установлении эмпирического факта используются полученные ранее достоверные теоретические знания, обоснованные другими фактами. Но только такие теоретические знания, которые были ранее проверены независимо. Что же касается новых фактов, то они могут служить основой для развития новых теоретических идей и представлений. В свою очередь новые теории, превратившиеся в достоверное знание, могут использоваться в процедурах интерпретации при эмпирическом исследовании других областей действительности и формировании новых фактов.

Таким образом, при исследовании структуры эмпирического познания выясняется, что не существует чистой научной эмпирии, не содержащей в себе примесей теоретического. Но это является не препятствием для формирования объективно истинного эмпирического знания, а условием такого формирования.

Эмпирические зависимости и факты, в отличие от данных наблюдения, уже не соотносятся впрямую и непосредственно с конкретными приборными ситуациями конкретных, единичных экспериментов. Их отношение к реальным экспериментальным ситуациям опосредуется эмпирическими схемами, которые представляют собой особый вид модельных представлений, выражающих типовые черты некоторого класса реальных экспериментальных ситуаций, их предметную структуру. Именно с этими схемами непосредственно соотносятся эмпирические зависимости и эмпирические факты.

Обычно предварительный гипотетический вариант эмпирических схем формируется на этапе замысла эксперимента. Но после его осуществления и в процессе перехода от протоколов наблюдения к эмпирическим зависимостям и фактам происходит обоснование гипотетических вариантов эмпирических схем в качестве выражения существенных черт некоторой серии реальных экспериментов.

Поскольку в процессе статистической обработки данных наблюдения сравниваются между собой протоколы наблюдений и протокол, фиксирующий среднестатистические данные поведения приборной установки, постольку в результате таких сопоставлений все объекты, взаимодействующие в опыте — испытуемый фрагмент и (квази) приборные подсистемы, — оказываются определенными только по статистически инвариантным признакам. На этой основе выстраивается эмпирическая схема, обобщающая класс определенных экспериментальных взаимодействий. В этом смысле она буквально является *схемой* такого взаимодействия, изображающей его типические черты, реализующиеся в каждой конкретной экспериментально-измерительной ситуации. Вместе с тем эмпирическая схема может быть рассмотрена не только как модельное представление деятельности эксперимента и измерения, но и объективировано, как изображение естественного природного процесса взаимодействия, в котором испытуемый объект при заданных условиях переходит из состояния O_1 в состояние O_2 . Такой ракурс рассмотрения возникает в процессе интерпретации инварианта данных наблюдения при формировании факта.

Итак, эмпирические схемы выступают важным опосредующим звеном между теоретическими схемами и приборными ситуациями реальных экспериментов. Они могут быть получены как “сверху”, при выводе из теоретических законов эмпирических следствий, так и “снизу” как результат перехода от данных наблюдения к эмпирическим зависимостям и фактам. Отношение теоретических схем к эмпирическим и возможность рассмотрения последних в двух ракурсах (как модели экспериментальных ситуаций и как образа естественного природного

процесса) позволяет в новом свете рассмотреть и природу теоретических схем. Каждая из них может быть сопоставлена с некоторым классом эмпирических схем (в примере с законом Био—Савара к этому классу относится не только схема опыта с прямолинейным проводом и магнитной стрелкой, но и схемы экспериментов с любыми формами проводников, по которым течет ток, и с любыми видами магнитов).

С этих позиций теоретическую схему можно рассматривать как инвариантное содержание эмпирических схем [27]. Учитывая, что последние выступают как изображение типовых черт экспериментально-измерительных ситуаций, в этом аспекте правомерно рассмотреть и отношения абстрактных объектов теоретической схемы. Тогда они предстанут в форме особого идеализированного эксперимента, выражающие наиболее общие и существенные черты реальной экспериментальной практики.

При анализе теоретических схем с этой точки зрения сразу обнаруживается их “операциональная” сторона. Схема осциллятора, например, выступает как модель, которая выражает существенные черты экспериментов с колебанием реальных маятников, натянутой струны, с периодическим сжатием и распрямлением пружины и т. д.

Предметная сторона всех этих реальных экспериментов в теоретической схеме представлена в форме мысленного эксперимента с материальной точкой, которая отклоняется от положения равновесия и вновь возвращается в исходное положение под действием квазиупругой силы. Фундаментальные схемы, лежащие в основании развитой теории, также можно истолковать как предельно идеализированное изображение типовых черт экспериментальных ситуаций, обобщаемых и предсказываемых в рамках этой теории. Так, максвелловская теоретическая схема может быть рассмотрена как мысленный эксперимент, аккумулирующий в себе существенные характеристики экспериментальных процедур, обобщенных в схемах амперовской электродинамики, кулоновской электростатики и магнитостатики, фарадеевской индукции и др.

Фундаментальная теоретическая схема ньютоновской механики, изображая механическое движение как перемещение материальной точки по континууму пространственных и временных точек системы отсчета под действием сил, представляла собой своеобразный мысленный эксперимент, который содержал самые общие и существенные черты опытов по изучению различных сторон механического движения. В нем были обобщены практические операции перемещения тел по наклонной плоскости, колебания маятника, соударения тел, операции перевода потенциальной энергии в кинетическую при работе машин и т. д.

На эту сторону теоретических схем часто не обращается внимание потому, что в большинстве случаев сама форматеоретической модели как бы маскирует ее операциональную природу. Однако, если провести соответствующий анализ, эта природа сразу предстанет в отчетливой форме. Мы привыкли, например, рассматривать томсоновскую и резерфордскую модели атома только как изображение некоторых сторон структуры атома. Однако внимательный анализ показывает, что каждая из этих моделей вместе с изображением структуры атома неявно вводит предельно абстрактную схему экспериментальных ситуаций, в рамках которых был выделен и изучался атом как особый фрагмент природы.

В модели Томсона атом изображается в виде осциллятора (положительно заряженная сфера с погруженными в нее электронами, способными отклоняться от положения равновесия), который взаимодействует с падающим на него излучением и способен генерировать излучение. Все основные признаки абстрактных объектов модели Томсона определены через их отношение к идеальному пробному излучению, которое репрезентирует на уровне теоретической модели реальные

пучки света, фиксируемые в экспериментах по изучению закономерностей взаимодействия света с веществом. Следовательно, модель Томсона может быть представлена как абстрактное и схематизированное изображение существенных черт таких экспериментов[28].

С аналогичных позиций можно рассмотреть Резерфордскую планетарную модель атома. Она представляет собой теоретическую схему, образованную из следующих, связанных между собой абстрактных объектов: “центра потенциальных отталкивающих сил” (атомное ядро) и “элементарных отрицательных зарядов” (электронов). В этой модели абстрактный объект “атомное ядро” был определен по двум признакам: “нести положительный заряд” и “быть центром потенциальных отталкивающих сил”[29]. Принципиально важно, что последний признак имеет смысл лишь постольку, поскольку предполагается наличие пробного тела — идеальной α -частицы, рассеивающейся на “центре потенциальных отталкивающих сил”.

Таким образом, главная отличительная характеристика Резерфордской модели атома — представление об атомном ядре — вводилась через описание мысленного эксперимента по рассеянию на системе ядро-электроны идеальной α -частицы. Этот эксперимент выражал существенные особенности реальных опытов по рассеянию на атоме тяжелых частиц, опытов, посредством которых были выявлены реальные особенности структуры атома.

Модель Резерфорда имплицитно содержала в себе идеализированную схему указанных опытов, и эта особенность модели прямо проявлялась в тех физических законах, которые можно было получить на ее основе. Главные уравнения, которые Резерфорд получил, опираясь на планетарную модель атома, и которые позволяли объяснять и предсказывать результаты реальных экспериментов, были выражением законов рассеяния на атоме тяжелых заряженных частиц.

Таким образом, модели Томсона и Резерфорда можно представить в форме мысленных экспериментов с атомом как осциллятором и с атомом как системой, рассеивающей тяжелые частицы. Каждый из этих экспериментов аккумулирует в себе существенные черты реальной экспериментально-измерительной практики, в рамках которой выявились соответствующие стороны реального атома. Они были объектом изучения в исследованиях Томсона и Резерфорда и представлены в соответствующих моделях атома.

В итоге мы пришли к важному выводу, согласно которому теоретические схемы имеют две неразрывно связанные между собой стороны: 1) они выступают как особая модель экспериментально-измерительной практики и 2) одновременно служат системным изображением предмета исследования, выражением сущностных связей исследуемой реальности.

Этот вывод проиллюстрирован только материалом физики. Тем не менее его формулировка в общей форме вполне оправдана, так как можно показать, что данное утверждение справедливо по отношению ко всем эмпирическим наукам. Правда, на первый взгляд может показаться, что содержание теоретических высказываний таких наук, как астрономия, не может быть истолковано как схема практики, поскольку здесь нет активного вмешательства субъекта в протекание природных процессов как необходимого условия практической деятельности. Однако при ближайшем анализе выясняется, что астрономические наблюдения, проводимые в целях проверки тех или иных теоретических схем, носят характер своеобразных квазиэкспериментальных процедур. В процессе таких наблюдений объекты природы применяются в функции квазиприборных устройств, в результате

чего создается характерная для экспериментально-измерительной деятельности приборная ситуация.

Чтобы лучше уяснить это обстоятельство, напомним, что любую экспериментальную деятельность характеризует такое взаимодействие природных фрагментов, при котором они выступают как предметы-носители функционально выделенных свойств. В развитом физическом эксперименте такие предметы изготавливаются искусственно. Ими могут быть установки, приготовляющие пучки частиц с заданными параметрами (приготавливающая подсистема экспериментального устройства), мишени, бомбардируемые этими частицами (рабочая часть), приборы, регистрирующие результаты взаимодействия частиц с мишенью (регистрирующая часть экспериментального устройства).

Однако в функции средств экспериментальной деятельности могут применяться и естественные объекты природы, рассмотренные только со стороны их отдельных свойств. В разобранный выше примере с изучением процессов колебания в экспериментах с маятником Земля как источник тяготения была использована в функции квазиприборной подсистемы, обеспечивающей появление квазиупругой (возвращающей) силы.

Похожая ситуация возникла в опытах Фарадея по электромагнитной индукции, когда обнаружилось свойство магнитного поля Земли порождать э.д.с. в проводниках, пересекающих его магнитные силовые линии. Здесь Земля также использовалась в качестве своеобразной квазиприборной установки. Она рассматривалась только как источник магнетизма, совмещая функции приготовляющей и рабочей части “приборной установки”. Само это свойство Земли было выявлено в предшествующих опытах с ориентацией магнитных стрелок. В рассматриваемых опытах оно было функционально выделено среди всех других многочисленных свойств Земли, благодаря чему стало возможным использовать нашу планету в функции особого фрагмента приборной ситуации.

Аналогичное использование объектов природы в функции своеобразных приборных устройств можно обнаружить и во многих современных физических опытах. Так, в опытах по исследованию нейтрино, излучаемых Солнцем, последнее рассматривалось как генератор нейтрино (приготавливающая подсистема). Исследование свойств нейтрино предполагало, что их нужно выделить среди других составляющих космического излучения. Для этой цели приборы-регистраторы погружались в шахту, и тогда кора Земли использовалась как особый экран, который задерживал все частицы космического излучения кроме нейтрино.

Систематические наблюдения в астрономии основаны на том же принципе применения естественных фрагментов природы в функции приборных подсистем.

В целях иллюстрации сказанного рассмотрим конкретный пример — наблюдение за рентгеновским излучением Крабовидной туманности, осуществленное в 1964 г. с целью выяснить, каков источник этого излучения [30]. На основе гипотезы о существовании нейтронных звезд было высказано предположение, что источником излучения может быть нейтронная звезда (практически точечный источник для земного наблюдателя), расположенная в Крабовидной туманности. Однако источником излучения мог быть и иной, протяженный источник, связанный с туманностью. Для выяснения характера излучающего источника было использовано покрытие Крабовидной туманности диском Луны. В этот момент было измерено изменение интенсивности сигнала, идущего от рентгеновского источника (рентгеновские счетчики, поднятые на ракетах, регистрировали число γ -квантов за единицу времени). Эмпирическая зависимость, выявленная при статистической обработке данных наблюдений, показала, что интенсивность излучения уменьшалась не резко, а постепенно.

Нетрудно видеть, что в рамках рассмотренного исследования наблюдатель смог получить информацию о характере излучения Крабовидной туманности лишь потому, что сконструировал из естественных процессов природы приборную ситуацию. Источник рентгеновского излучения, само это излучение и Луна, используемая в качестве своеобразного экрана, выступали в функции приготовляющей и рабочей подсистем “приборного устройства”. Регистрирующая часть была выражена прибором, искусственно созданным в практике. Вся система — “источник рентгеновского излучения в Крабовидной туманности”, “Луна” и “регистрирующие устройства на Земле” — представляли собой своего рода гигантскую экспериментальную установку, функционирование которой позволяло отыскать исследуемую зависимость.

Создание приборной ситуации в процессе эмпирических исследований в астрономии может быть проиллюстрировано и на других фактах. Показательно в этом отношении, например, наблюдение за поляризацией света звезд, проводимое с целью изучения магнитного поля Галактики. Приборная ситуация, которая характеризовала этот опыт, была построена путем выделения в системе взаимодействий природы: а) магнитного поля Галактики и ориентированных им частиц в облаках межзвездной пыли; б) света, излучаемого звездой и проходящего через межзвездную пыль; в) приборов, регистрирующих эффекты поляризации. Отношения между совокупностями всех этих объектов можно рассматривать как гигантское квазиэкспериментальное устройство, “работа” которого позволяла выявить эмпирические зависимости, характеризующие магнитное поле Галактики (предмет исследования). В рамках данной ситуации эта “работа” заключалась в том, что взаимодействие света и ориентированных частиц межзвездной пыли порождало поляризацию света, по степени которой оказалось возможным судить о напряженности магнитного поля Галактики.

Несколько сложнее установить, как конструировалась приборная ситуация в эмпирических исследованиях астрономии на ранних этапах ее развития. Однако и здесь все происходило аналогичным образом. Так, даже простое визуальное наблюдение за перемещением планеты на небесном своде предполагало, что наблюдатель должен был предварительно выделить линию горизонта и метки на небесном своде (например, звезды), на фоне которых наблюдается движение планеты. Сами по себе эти операции, по существу, представляли небесный свод в виде своеобразной проградуированной шкалы, на которой фиксируется движение планеты как светящейся точки. Причем по мере проникновения в астрономическую науку математических методов градуировка небесного свода становится все более точной и удобной для проведения измерений. Уже к IV столетию возникает Зодиак, состоящий из 12 участков по 30 градусов, как стандартная шкала для описания движения Солнца и планет[31].

Любое систематическое научное наблюдение независимо от того, осуществляется ли оно в процессе эксперимента или вне эксперимента, предполагает конструирование приборной ситуации. Систематические наблюдения можно рассматривать в этом плане как квазиэкспериментальную деятельность. Что же касается случайных наблюдений, то они не достаточны для научного исследования. Они могут стать начальным импульсом к новым исследованиям, но при осуществлении таких исследований должны перерасти в систематические наблюдения. В случайных наблюдениях, как правило, регистрируется некоторый необычный эффект, но неизвестно, какие объекты участвуют во взаимодействии, порождающем данный эффект. Структура приборной ситуации здесь не определена, и неизвестен объект эмпирического исследования. Переход от случайного к систематическим наблюдениям предполагает построение приборной ситуации и

четкую фиксацию объекта, изменение состояний которого изучается в опыте. Так, например, когда К.Янский в опытах по изучению грозových помех на межконтинентальные радиотелефонные передачи случайно натолкнулся на устойчивый радиосум, не связываемый ни с какими земными источниками, то это случайное наблюдение дало импульс серии систематических наблюдений, конечным итогом которых было открытие радиоизлучения области Млечного Пути. Характерным моментом в осуществлении этих наблюдений было конструирование приборной ситуации.

Главная задача здесь состояла в том, чтобы определить источник устойчивого радиосума. После установления его внесемного происхождения решающим моментом явилось доказательство, что таким источником не являются Солнце, Луна и планеты. Наблюдения, позволившие сделать этот вывод, были основаны на применении двух типов приборной ситуации. Во-первых, использовалось вращение Земли, толща которой применялась в наблюдении в функции экрана, перекрывающего в определенное время суток Солнце, Луну и планеты (наблюдения показали, что в моменты такого перекрытия радиосум не исчезает). Во-вторых, в наблюдении исследовалось поведение источника радиосума при перемещении Солнца, Луны и планет на небесном своде относительно линии горизонта и неподвижных звезд. Последние в этой ситуации были использованы в качестве реперных точек (средств наблюдения), по отношению к которым фиксировалось возможное перемещение источника радиосума. Вся эта серия опытов позволила в конечном итоге идентифицировать положение источника с наблюдаемыми в каждый момент времени суток и года положениями на небосводе Млечного Пути.

Характерно, что в последнем шаге исследований К.Янского уже была четко обозначена предметная структура наблюдения, в рамках которой изучаемый эффект (радиосум) был представлен как радиоизлучение Млечного Пути. Было выделено начальное состояние объекта эмпирического знания — положение источника радиосума на небесном своде в момент T_1 , конечное состояние — положение источника в момент T_2 и приборная ситуация (в качестве средств исследования фиксировались: небесный свод с выделенным на нем расположением звезд, линия горизонта, Земля, вращение которой обеспечивало изменение положений радиоисточника по отношению к наблюдателю, и наконец, приборы — регистраторы радиоизлучения). Наблюдения с жестко фиксированной структурой названного типа позволили раскрыть природу случайно обнаруженного эффекта радиоизлучения Млечного Пути.

Таким образом, путь от случайной регистрации нового явления к выяснению основных условий его возникновения и его природы проходит через серию наблюдений, которые отчетливо предстают в качестве квазиэкспериментальной деятельности.

Анализ ситуаций систематического наблюдения, осуществляемого вне эксперимента, позволяет унифицировать подход к эмпирическим основаниям теории и операциональной трактовке теоретических схем. Тогда и теоретические модели астрономии вполне правомерно рассматривать не только как отражение исследуемого объекта, но и как обобщенную схему предметной стороны наблюдения, выступающей в функции экспериментально-измерительных ситуаций, в рамках которых выявлен данный объект.

Как и в любой познавательной деятельности, здесь проявляется фундаментальный принцип, согласно которому объект познания определен лишь относительно некоторой системы деятельности. Познающему субъекту предмет исследования всегда дан в форме практики, и поэтому у него нет иного способа видения действительности, кроме как сквозь призму этой практики. Поэтому во всех слоях научного знания содержится схематизированное и идеализированное

изображение существенных черт практики, которое вместе с тем (а вернее, в силу этого) служит изображением исследуемой действительности. Это изображение на каждом из уровней исследования предстает в особой форме. Так, в реальном эксперименте предмет исследования представлен через корреляции взаимодействующих в эксперименте объектов. Например, магнитное действие тока, изучаемое в опытах Био и Савара, задано через отношение реального провода к реальной магнитной стрелке, которая приобретает вращательный момент в период прохождения тока по проводу.

На следующем уровне исследований, в слое эмпирических схем, изучаемый предмет репрезентирован через корреляции эмпирических конструкторов, образующих эмпирическую схему. Так, магнитное действие тока в эмпирических схемах Био и Савара было изображено посредством таких конструкторов, как прямолинейный провод с током и пробная магнитная стрелка, с указанием их отношений как смысла соответствующей эмпирической формулы. Затем в слое частных теоретических схем исследуемый объект вводится через корреляции абстрактных объектов. В нашем примере это будут абстрактные объекты — “усредненное по некоторому объему магнитное поле” и “порождающая его плотность заряда-тока” (отношения этих объектов составляют смысл закона Био—Савара). Наконец, на уровне фундаментальной теоретической схемы, лежащей в основании развитой теории, предмет исследования представлен через корреляции абстрактных объектов данной схемы (например, магнитное действие тока на уровне максвелловской теории репрезентировано через отношение “вектора плотности тока в точке” к “вектору магнитного поля в точке”, связи которых образуют смысл второй пары уравнений Максвелла).

Каждый из отмеченных уровней репрезентации объекта исследования представляет собой особый слой языка науки, где идеальные схемы предметной стороны экспериментально-измерительной практики выступают как содержательная плоскость, выраженная в соответствующей знаковой форме (рис. 2). Любой из этих слоев языка имеет свои нормы построения и живет своей относительно самостоятельной жизнью, где за счет внутренних законов оперирования со знаками может возникать новое содержание (примером тому может служить хотя бы введение новых абстрактных объектов за счет операций в рамках математического формализма теории).

Связь отмеченных уровней языка науки позволяет вводить соответственно новому содержанию каждого верхнего уровня объекты нижележащих уровней, благодаря чему оказывается возможным прогнозировать практику, предсказывая результаты будущих экспериментов. В сложившейся теории связь между различными уровнями языка достигается за счет особых языковых выражений, которые также входят в состав теории. Посредством этих выражений описывается способ редукции теоретических объектов к объектам нижележащих уровней. Выражения такого типа суть правила соответствия (операциональные определения).

Если учесть, что объекты схем каждого верхнего уровня выступают как инвариантное содержание корреляции объектов нижележащего слоя, описание признаков соответствующих объектов в терминах таких корреляций и составляет суть операциональных определений.

Рис. 2. ЭЗ – эмпирическая зависимость (1,2 – ассимилированная теорией; N – неассимилированная теорией); ЭС – эмпирическая схема; Н_{1-n} – наблюдения (1-n – условное число наблюдений); ПС – приборная

ситуация; — предсказуемый теоретический закон и соответствующая Т. схема; — предсказуемая эмпирическая зависимость, эмпирическая схема, наблюдения и приборная ситуация.

На эту сторону обычно не обращают достаточного внимания, потому что при анализе связей теории и эмпирии в лучшем случае выделяют лишь два уровня — эмпирический и теоретический, но сами эти уровни уже рассматриваются недифференцированно.

Между тем вне дифференциации каждого из уровней знания нельзя понять структуру правил соответствия, которые обеспечивают связь теоретических терминов с опытом. Анализ этой связи всегда был в центре внимания как философов и методологов, так и физиков.

Хорошо известно, что основоположник философии операционализма, известный американский физик П. Бриджмен, в свое время развивал концепцию, согласно которой правила соответствия представляют собой определения физических величин в терминах реальных измерений и должны быть тождественны описанию измерительных ситуаций, проводимых с определенным типом реальных экспериментальных устройств. На этой основе возник главный тезис операционализма: “Понятие есть синоним соответствующей совокупности операций” [32].

Концепция операционализма была подвергнута критическому анализу как с философских, так и с логико-методологических позиций [33]. Было выявлено главное противоречие, к которому приводит указанная концепция. Это противоречие заключается в следующем. Одна и та же физическая величина может быть измерена различными способами, и если ее определять через описание реальной экспериментально-измерительной процедуры, то появляется множество различных определений величины и нужно специально доказать, что это — определения одной и той же величины. Например, рецепт измерения расстояний путем использования жесткой линейки и радиолокационным способом различен, но физическая величина, обозначающая расстояние, в обоих случаях одна и та же.

В самом же указании на определение физических величин через реальные процедуры измерения не содержится правил отождествления таких измерений. Поэтому, если принять концепцию операционализма, то нужно считать, что одна и та же величина, измеренная разными способами, суть две разные и неотожждествимые величины.

В добавление к сказанному отметим, что определение величин по рецепту, первоначально предложенному Бриджменом, может определить лишь смысл этих величин внутри эмпирического слоя исследований. Но этот рецепт не позволяет решить главную задачу: перейти от эмпирического уровня к теоретическому и наоборот.

В развитой науке, сформировавшей теоретический уровень исследований, величины, которые фигурируют в теории и связаны с опытом, имеют два смысла — эмпирический и теоретический. Их теоретический смысл соответствует признакам и корреляциям абстрактных объектов теории, а их эмпирический смысл — корреляциям эмпирических объектов, отображенных на реальные предметы экспериментально-измерительных ситуаций. Например, в теории Максвелла величина **H**, обозначающая напряженность магнитного поля в точке, получает определения через отношения к векторам **E** (напряженность электрического поля), **J** (плотность заряда-тока), **B** (магнитная индукция) и **D** (электрическая индукция). На эмпирическом уровне величина магнитного поля в точке определяется иначе. Она может быть задана, например, через поворот магнитной стрелки в опыте Био—Савара или через отдачу катушки Гельмгольца при измерениях величины

магнитного поля в других аналогичных опытах. Чтобы связать эти два смысла физической величины, нужно уметь переходить от абстрактных объектов теории к объектам, которыми оперирует экспериментатор. Одним только описанием операций реального измерения такие переходы не обеспечиваются. Характерно, что Бриджмен вынужден был признать, что значение теоретических терминов не может быть сведено к описанию измерений, проводимых в реальном эксперименте[34]. Тогда он расширил понимание операциональных определений и включил в их состав так называемые “бумажно-карандашные” операции (вычисления, производимые в рамках мысленного эксперимента и необходимые для перехода от величин теоретического уровня к результатам опыта). Но при этом само понимание операциональных определений стало расплывчатым, и их структура осталась невыясненной. Недостатки бриджменовской концепции породили настороженное отношение некоторых философов и логиков к самому понятию “операциональные определения”. Высказывалось даже мнение, что операциональных определений вообще не существует в научной теории. Такую концепцию развивал, например, М. Бунге. Правильно отмечая ограниченность бриджменовского подхода к анализу правил соответствия и критикуя философию операционализма, Бунге заключил, что “человек и его операции... не имеют места при отображении физической реальности в понятиях” и что операциональные определения “вообще никогда не существовали” в теории[35]. Столь “радикальная критика” бриджменовской концепции операциональных определений полагает, что в ней вообще не имеется рациональных моментов. На наш взгляд, такая оценка является односторонней. Из факта несводимости теоретических понятий к операциям измерениям еще не следует, что понятия вообще не содержат никакой операциональной компоненты и что теория может обойтись без операциональных определений.

Отбрасывая термин “операциональные определения”, М. Бунге говорит о правилах отображения теории на объекты опыта, о согласовании теории как целого с опытными данными. Но тогда возникает вопрос: в чем заключаются такие правила и как обеспечивается связь теории с опытом?

Дело не в том, чтобы заменить термин “операциональные определения” другим термином, который характеризует рецептуру связи тех или иных теоретических понятий с опытом, а в том, чтобы проанализировать структуру операциональных определений, раскрыть природу правил соответствия, связывающих теорию с опытом.

Бунге, по существу, ушел от решения этих вопросов и во многом потому, что сама “философия реализма”, которую он отстаивает и развивает, наряду с ее положительным содержанием (признание объективной реальности и ее отражения в понятиях) страдает рядом ограниченностей. Одним из них является игнорирование практически-деятельностной основы теоретического освоения объектов, того, что объект всегда дан познающему субъекту в форме практики. Этим и продиктован вывод Бунге, что отражение физической реальности в понятиях не имеет отношения к операциям человеческой деятельности. В свою очередь, такая установка закрывала путь к анализу структуры правил соответствия.

Недостаточно детальный анализ структуры правил соответствия теоретических величин и наблюдений часто приводит к неточностям методологического характера даже в весьма известных и квалифицированных работах. Так, Л.И. Мандельштам в своих интересных и насыщенных глубокими философскими размышлениями лекциях по квантовой механике справедливо указывал, что всякая физическая теория включает не только математический аппарат, но и рецепты связи физических

величин с опытом. Однако в самой характеристике таких рецептов он допустил определенную неточность. Интуиция физика подсказывала ему, что связь теории с опытом не может быть осуществлена вне учета специфики реальной экспериментально-измерительной деятельности. Поэтому Мандельштам определил рецепты связи с опытом величин, которые представлены в уравнениях теории, как “конкретные операции с конкретными вещами”, когда выбираются “конкретные вещи в качестве эталонов” и применяются “конкретные измерительные процессы — определение координаты, времени и т. д. при помощи твердых масштабов, часов и т. д.” [36]. Такое определение допустимо только как указание на необходимость учесть в теории особенности реального опыта, но без дальнейших уточнений оно становится тождественным определению, которое было дано в ранних работах Бриджмена. Реальные измерительные процедуры действительно предполагаются рецептами связи физических величин с опытом, но такие рецепты не сводятся к указанным процедурам. Правда, если внимательно ознакомиться с конкретными примерами указанных рецептов, которые приводит Мандельштам для разъяснения высказанного им тезиса, то обнаруживается чрезвычайно интересный и важный момент. Оказывается, рецепты связи физических величин теории с опытом — это описание не реальных, а идеализированных измерительных ситуаций, которые соответствуют реальным ситуациям эксперимента и измерения.

В этом заключается одна из важных особенностей правил соответствия. Именно за счет таких мысленных экспериментов и идеализаций устанавливается связь между реальными измерениями и теоретическими объектами.

Ключ к расшифровке правил соответствия и смысла операциональных определений состоит в учете основных уровней схематизации эксперимента в языке науки и в понимании того факта, что объект каждого верхнего уровня выступает в качестве характеристики корреляций объектов соответствующего ему “нижнего” слоя языка. Причем переход от эмпирического уровня к теоретическому всегда предполагает идеализацию и замещение реальной схемы эксперимента идеализированной схемой. Идеализация позволяет отделить существенные характеристики изучаемых в эксперименте взаимодействий от случайных и заменяющих факторов, благодаря чему операционально определяемые термины теории предстают как выражение существенных признаков и отношений указанных взаимодействий. Следы всех этих достаточно сложных операций можно обнаружить при анализе смысла конкретных операциональных определений физических величин. Так, операциональное определение напряженности электрического поля как термина уравнений Максвелла дается не через описание измерений с применением реального прибора, например электрометра (как это часто считают), а через описание отношений электрического поля в точке к пробному заряду. В свою очередь, “электрическое поле в точке” и “пробный заряд” — это конструкты, типичные для частных теоретических схем теории Максвелла, в которых характеризуются отношения зарядов и электрического поля. Что же касается определений данных конструктов (таких, как пробный заряд), то эти определения выступают уже в качестве характеристики особых корреляций эмпирических объектов. Например, пробный заряд — “это такое воздействие одного массивного заряженного тела на другое, при котором в силу малости обратного воздействия второго тела на первое можно пренебречь этим воздействием” (идеализация реального опыта). Только определение эмпирических объектов можно дать через описание устройства реальных приборов и реальных процедур измерения. Операциональные определения физических величин включают в себя всю эту иерархию определений в сжатом виде. Благодаря этому они характеризуют способ отображения абстрактных объектов теории на реальные отношения объектов эксперимента и измерения.

Итак, если подвести итог сказанному, то мы вправе рассматривать теоретические схемы науки как своеобразные модели практических ситуаций, на объяснение и предсказание которых они претендуют. Но теоретические схемы имеют не только операциональный статус. Они всегда воспринимаются исследователем, принявшим ту или иную теорию, в качестве представления исследуемой предметной области, как образ его сущностных связей. И тогда возникает особая проблема объективации теоретических схем.

При анализе этой проблемы (отношений между теоретическими знаниями и исследуемой действительностью) важно учитывать факт существования двух уровней организации теоретических знаний. Один из них образует развитая теория. Второй — теоретические знания, представленные частными теоретическими схемами и связанными с ними законами. Как показывает история науки, они могут генетически предшествовать развитой теории и выступать в качестве самостоятельных образований, фиксируемых в соответствующем теоретическом языке. Так, схема силового взаимодействия тока была введена Ампером задолго до создания максвелловской электродинамики, а модель простого колебания построена Гюйгенсом задолго до механики Ньютона. Аналогичным образом до создания квантовой механики различные аспекты квантовомеханических процессов описывались и объяснялись с помощью таких теоретических схем, как боровская модель атома, модели фотоэффекта, комптон-эффекта, излучения абсолютно черного тела и т. д. При построения развитой теории предшествующие ей частные теоретические схемы трансформируются и включаются в состав теории в качестве компонентов ее содержания.

Принимая во внимание двухуровневую организацию теоретических знаний и наличие генетических связей между уровнями, рассмотрим, как относятся теоретические схемы к исследуемой действительности.

Важнейшая особенность теоретических схем состоит в том, что они являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий. Благодаря теоретической схеме в науке складывается особое видение изучаемой действительности. Последняя представлена в теории в форме идеализированного предмета, обладающего строго определенной структурой. В методологических и философских исследованиях эта сторона теоретического освоения действительности описана достаточно подробно.

Установлено, что в основании теории всегда лежит модель изучаемой реальности, наделенная “небольшим числом свойств и простой структурой”. Основная функция данной модели — служить идеализированным представлением объекта исследования и быть средством получения о нем теоретических знаний[37].

Вычленение теоретических схем как системного изображения исследуемой в теории реальности продолжает уже существующую философско-методологическую традицию. Новым моментом анализа является не само обнаружение указанной схемы, а попытка более конкретно рассмотреть ее внутреннюю структуру.

Именно эта структура, т. е. отношение абстрактных объектов теоретической схемы, представляет в рамках теории изучаемую в ней объективную реальность. Поэтому, когда исследователь характеризует предмет той или иной теории, он описывает его в терминах абстрактных объектов соответствующей теоретической схемы. Если, например, спросить у физика, что он понимает под электромагнитными процессами как предметом исследования классической электродинамики, то ответ будет сводиться примерно к следующему: это — взаимодействия электрического и магнитного полей между собой и электрическими зарядами (дифференциально-малыми токами). При дальнейшем уточнении этого определения взаимодействие электрического, магнитного полей и зарядов будет охарактеризовано как изменения во времени векторов электрической и магнитной

напряженности и плотности тока в точке. Тем самым будет дано дифференцированное описание теоретической схемы, лежащей в фундаменте классической электродинамики. Именно это описание и очерчивает исследуемый в теории предмет, характеризуя его существенные стороны и отношения.

Данный предмет будем отличать от тех абстрактных объектов, которые являются элементами теоретической схемы. Ни один из абстрактных объектов фундаментальной теоретической схемы электродинамики изолированно от других не представляет в познании структуры электромагнитных процессов; ее репрезентирует лишь вся сетка связей и отношений указанных абстрактных объектов, т. е. теоретическая схема как целое.

Эту же особенность теоретической схемы можно выявить, обратившись к уже рассмотренным образцам теоретического знания. Нетрудно установить, например, что лишь вся совокупность отношений между элементами осциллятора (материальной точкой, квазиупругой силой и системой отсчета), а не каждый из этих объектов в отдельности, может служить изображением “процесса простого колебания” как предмета исследования теории механических колебаний. Чтобы отличить абстрактные объекты, с которыми оперирует исследователь в рамках теоретической схемы, от изучаемого предмета, системно-структурное изображение которого дает схема в целом, мы будем называть первые объектами оперирования, а вторые — предметами исследования.

Теоретические схемы воспринимаются в качестве изображения предмета исследования благодаря особой процедуре их объективирования. Чтобы выяснить особенности этой процедуры и ее роль в построении теории, обратимся вначале к конкретному историческому примеру.

Так, при первом знакомстве с механикой Г. Герца создается впечатление, что применяемая здесь исходная теоретическая схема является весьма искусственным изображением механических процессов. Герц строит всю механику на основе такой системы фундаментальных абстрактных объектов, где заданы только корреляции материальных точек (масс) к пространству и времени. Состояние движения материальной системы характеризуется в теории Герца как перемещение материальных точек с постоянной скоростью по геодезическим линиям (“прямейшим путям”)[38]. Идея Герца заключалась в том, чтобы любое движение механической системы описать, как свободное движение по одному из возможных “прямейших путей”. При таком описании сила заменяется связью между взаимодействующими системами и выражается через характеристику кривизны пути, по которому движется система, ограниченная связями.

Сила и энергия в механике Герца уже не являются основными понятиями, посредством которых описываются состояние и изменение состояния системы; они — вторичные понятия и могут быть в принципе элиминированы за счет редукции к основным понятиям (“массе”, “пространству” и “времени”)[39].

Герц показывает, что, исходя из предложенной им теоретической схемы, можно получить известные законы механики и доказать в качестве теорем принцип Гамильтона и принцип наименьшего действия Эйлера — Лагранжа как в классической форме, так и в форме принципа Якоби. Казалось бы, этих аргументов достаточно, чтобы обосновать теорию как выражение сущности механических процессов. Тем не менее Герц включает в изложение своей теории одно обоснование. Он отмечает, что после успехов теории электромагнитного поля в физике утвердилось представление о процессах природы как взаимодействии “весомых тел” (атомов, молекул, макротел) с мировой средой-эфиром, которая служит посредником в передаче взаимодействий одного тела на другое[40]. Все, что физика ранее называла передачей сил, является движением в мировой среде (эфире)[41]. Поэтому силовые воздействия одного наблюдаемого тела на другое

можно представить как движение частиц-масс мировой среды. Согласно Герцу, если дополнить каждую наблюдаемую механическую систему скрытой материальной системой, носителем которой является эфир, можно в любом случае рассмотреть движение системы как свободное (естественное) движение по одному из возможных “прямейших путей” [42].

Благодаря этим разъяснениям, предложенная Герцем теоретическая схема механического движения начинает восприниматься как адекватное и естественное видение природы механических процессов.

Нетрудно заметить, что объективация теоретической схемы была достигнута за счет ее связи с некоторой системой общих представлений об “устройстве” природы, посредством которых все природные процессы изображались как взаимодействие тел и эфира. Система таких представлений является особым компонентом научного знания и образует физическую картину мира. Здесь мы подошли к особой проблеме — оснований науки и научной картины мира как компонента этих оснований.

Примечания

[1] См., например: *Margenau H. The Nature of Physical Reality. N.Y.-L., 1950. P.86.*

[2] Если учесть, что корреляции абстрактных объектов теории идентичны смыслу ее высказываний, то невозможность появления у таких объектов признаков, несовместимых с первоначально введенными, будет соответствовать известному требованию непротиворечивости высказываний внутри теории.

[3] *Margenau H. The Nature of Physical Reality. N.Y.-L., 1950. С. 85.*

[4] *Рокицкий П.Ф., Савченко В.К., Добина А.И. Генетическая структура популяций и ее изменения при отборе. Минск, 1977. С. 12.*

[5] См.: *Харрис Л. Денежная теория. М., 1990. С. 139—156*

[6] См.: *Харрис Л. Денежная теория. С.578—579, 580—595.*

[7] *Розин В.М. Специфика и формирование естественных, технических и гуманитарных наук. Красноярск, 1989.*

[8] Там же. С. 40—46, 48—65.

[9] Там же. С. 48—53.

[10] Ньютон в своих “Началах” уже в исходном определении пространства и времени отметил, что в механике физическое пространство тождественно “истинному”, или “математическому пространству”, а физическое время — “истинному”, или “математическому времени”.

[11] О процедурах конструирования модели малых колебаний на основе фундаментальной теоретической схемы механики будет сказано ниже.

[12] Исследователь, применяющий такой прием анализа знаний, может осознавать его условность и даже специально оговаривать его ограниченность. Но если в распоряжении исследователя нет других эталонов теоретической организации, то вольно или невольно он будет смотреть на научную теорию как на аксиоматико-дедуктивную систему и пытаться прежде всего установить, что в ней соответствует принятому эталону. Все остальное оказывается вне сферы конкретного анализа.

[13] Различие аксиологического и генетически конструктивного развертывания теории в отечественной логико-методологической литературе впервые было проведено в работах В.А. Смирнова (см. *Смирнов В.А. Генетический метод построения научной теории // Философские вопросы современной формальной логики. М., 1962.*)

[14] Там же. С. 269.

[15] Там же.

[16] *Hilbert D., Bernays P.* Grundlagen der Mathematik. Bd. 1. Berlin, 1934. S. 20.

[17] Как показано В. А. Смирновым, традиционная трактовка “Начал” Евклида только как образца аксиоматического построения теории не учитывает, что дедуктивное развертывание теорий может осуществляться не только в форме аксиоматического, но и в форме генетически-конструктивного построения. “Концепция, проводимая в “Началах”, — отмечает он, — это не несовершенная попытка осуществить идеал аксиоматического метода в современном его понимании, а попытка конструктивного (генетического) построения теории” (*Смирнов В.А.* Генетический метод построения научной теории. С. 278).

[18] См.: *Яновская С.А.* Методологические проблемы науки. М., 1972; *Розин В.М., Москаева А.С.* К анализу строения системы знаний “Начал” Евклида // Новые исследования в педагогических науках. Вып. IX: М., 1967.

[19] *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. М., 1960. С. 111—112.

[20] *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. М., 1960. С. 127.

[21] Там же. С. 127—128.

[22] В случае использования математического формализма в физике соответствующие символы и их связи воспринимаются только со стороны их математического смысла (как математические объекты и операции над ними). Физический смысл данных терминов при таком движении не эксплицируется.

[23] Вследствие этого в процессе философского анализа языка науки теоретическая схема может быть выделена и зафиксирована прежде всего на стыке различных языковых контекстов, а не путем указания на какую-либо одну форму выражения.

[24] *Kuhn T.* Postscriptum-1969. In: *Structure of Scientific Revolutions*. 2 ed. enl. Chicago, 1970.

[25] См.: *Розенбергер Ф.* История физики. М.-Л., 1937. Ч. II. С. 136.

[26] Этот пример, показывающий как структура экспериментальной деятельности выявляет объект исследования, был подробно проанализирован в книге: *Степин В.С., Томильчик Л.М.* Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970. С. 19—31.

[27] Термин “инвариантное содержание” не должен восприниматься как указание на индуктивный способ получения теоретического содержания. Для того чтобы получить теоретический инвариант, нужно заранее знать, что та или иная группа эмпирических схем образует класс. Этот класс легко установить “сверху”, при редукции теоретических схем к эмпирическим, но при движении снизу, глядя с позиции одной эмпирической схемы на другую, вовсе не очевидно, что они имеют общее содержание. Показательно, например, что, согласно дофарадеевским взглядам на электричество, различные электрические явления, зафиксированные в опыте, рассматривались как явления принципиально разной природы (тогда различали электричество трения, гальваническое электричество и т.д.). Поэтому эмпирические схемы, которые у Фарадея были объединены в единый класс, воспринимались ранее как разрозненный конгломерат.

[28] См. *Степин В. С., Томильчик Л. М.* Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970. С. 35—36.

[29] Во избежание недоразумений следует подчеркнуть, что в данном случае “атомное ядро” суть идеальный объект, выступающий как носитель ограниченного числа жестко фиксированных признаков (реальный же объект неисчерпаем в своих признаках).

[30] *Гинзбург В. Л., Сыроватский С.И.* Гамма- и рентгеновская астрономия // Над чем думают физики. Вып. 6. “Астрофизика”. М., 1967. С. 36.

[31] *Нейгебауэр О.* Точные науки в древности. М., 1968. С. 111.

- [32] *Bridgman P. W.* The Logic of Modern Physics. N.Y., 1954. С. 22—23.
- [33] В отечественной литературе наиболее обстоятельно и достаточно корректно критика операционализма была дана в работах Д.В.Пивоварова (см.: *Пивоваров Д. В.* Практика и формирование познавательного образа // Ленинская теория отражения. Вып. 5. Свердловск, 1971).
- [34] *Bridgman P. W.* Reflections of a Physicist. I I ed. N. Y., 1955. P. 153.
- [35] *Бунге М.* Существуют ли операциональные определения физических понятий? // Вопросы философии. 1966. № 11. С. 74.
- [36] *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М., 1972. С. 327.
- [37] *Кузнецов И.В.* Избранные труды по методологии физики. М., 1975. С. 30—31; *Штофф В.А.* Моделирование и философия. М.-Л., 1966. С. 155—157; *Вартофский М.* Модели, репрезентация и научное понимание. М., 1988. С. 29—31.
- [38] *Герц Г.* Принципы механики, изложенные в новой связи. М., 1959. С. 33.
- [39] Там же С. 40—41.
- [40] Там же. С. 41.
- [41] *Григорян А.Т.* Механика от античности до наших дней. М., 1971. С. 284.
- [42] *Герц Г.* Принципы механики, изложенные в новой связи. М., 1959. С. 355.

Глава IV

Генезис теоретических знаний в классической науке

Анализ структуры теоретических знаний позволяет конкретизировать проблему их генезиса. Ключевая роль теоретических схем как при интерпретации аппарата теории, так и в процессе развертывания ее содержания делает главной в генезисе теории проблему формирования теоретических схем. По-видимому, анализ структуры теории, если его проводить с акцентом на выявление связей между компонентами теории и репрезентируемой в ней реальностью, неизбежно приводит к такой постановке задачи. Предпринимая попытку решить эту задачу, мы будем опираться на выявленные в процессе анализа структуры теории основные характеристики теоретических схем. Знание таких характеристик определяет способ анализа материала истории науки, в котором запечатлены основные приемы и операции исследовательской мысли, приводящей к формированию теории.

Основная цель будет заключаться в том, чтобы путем реконструкции исторического материала выявить эти приемы и операции и таким образом выяснить, как создается ядро теоретических знаний.

Поскольку анализ структуры теории обнаружил, что существуют два уровня теоретических схем и соответственно этому два уровня организации теоретических знаний, постольку целесообразно исследовать генезис теории соответственно этим уровням: вначале рассмотреть, как формируются частные теоретические схемы (до их включения в развитую теорию), а затем перейти к проблеме становления развитой теории.

Приступая к решению этой задачи, следует принять во внимание факторы эволюции науки, которые меняют приемы построения теоретических знаний.

В истории науки обычно различают классический и неклассический периоды, каждому из которых присущи специфические приемы создания теории.

Поэтому целесообразно вначале проанализировать пути построения теоретических схем в классической науке, а затем рассмотреть, что изменилось в приемах их построения на современном этапе.

Но прежде чем приступить к этому анализу следует решить еще одну важную проблему. Она связана с выяснением роли эмпирических оснований в генезисе дисциплинарных онтологий — специальных научных картин мира, которые представляют собой особую форму теоретического знания. Это важно, поскольку в классической науке специальные картины мира всегда предшествуют теоретическим схемам. Существует множество ситуаций, когда наука начинает исследовать соответствующую предметную область, не имея средств и возможностей создать конкретные теоретические схемы для ее объяснения. В таких ситуациях наука изучает свою область эмпирическими методами, накапливая необходимые опытные факты. Принципы картины мира ставят задачи исследованию, целенаправляют наблюдения и эксперименты и дают им объяснения.

Поскольку картина мира принадлежит к слою теоретических знаний, она обладает объяснительными и предсказательными функциями. По этому признаку ее иногда называют теорией. Строго говоря, это не корректно, поскольку в этом случае не проводится различие между формами теоретического знания. Но если согласится с таким употреблением понятий (которое распространено в методологически неглубоком уровне рефлексии и применяется в рамках так называемого “здорового смысла” науки), то следует иметь в виду, что термин “теория” используется здесь не строго, а расширительно, как эквивалентный термину “теоретическое знание”.

Однако в методологическом анализе предпочтителен дифференцированный подход, различающий картину мира, которая описывается в системе теоретических принципов, и конкретные теории, включающие в свой состав теоретические схемы и соответствующие им формулировки законов. Поскольку теоретические схемы обретают онтологический статус только через связь с картиной мира, постольку для понимания процесса их формирования важно выяснить, как создаются и развиваются научные картины мира (дисциплинарные онтологии). Для этой цели опять таки следует различать две ситуации: развитие картины мира под непосредственным влиянием опыта и ее эволюцию под влиянием создаваемых теорий, которые опосредуют ее взаимодействие с эмпирическим материалом.

Научная картина мира и опыт

Ситуация непосредственного взаимодействия научной картины мира и опытных данных может реализовываться в двух вариантах. Во-первых, на этапе становления новой области научного знания (научной дисциплины) и, во-вторых, в теоретически развитых дисциплинах при эмпирическом обнаружении и исследовании принципиально новых явлений, которые не вписываются в уже имеющиеся теории.

Рассмотрим вначале, как взаимодействует картина мира и эмпирические факты на этапе зарождения научной дисциплины, которая вначале проходит стадию накопления эмпирического материала об исследуемых объектах. В этих условиях эмпирическое исследование целенаправлено сложившимися идеалами науки и формирующейся специальной научной картиной мира (картиной исследуемой реальности). Последняя образует тот специфический слой теоретических представлений, который обеспечивает постановку задач эмпирического исследования, видение ситуаций наблюдения и эксперимента и интерпретацию их результатов^[1].

Специальные картины мира как особая форма теоретических знаний являются продуктом длительного исторического развития науки. Они возникли в качестве относительно самостоятельных фрагментов общенаучной картины мира на этапе формирования дисциплинарно организованной науки (конец XVIII — первая половина XIX в.). Но на ранних стадиях развития, в эпоху становления естествознания, такой организации науки еще не было. Это обстоятельство не всегда

адекватно осмысливается в методологических исследованиях. В 80-х годах, когда интенсивно обсуждался вопрос о статусе специальных картин мира, были высказаны три точки зрения: специальных картин мира вообще не существует и их не следует выделять в качестве особых форм теоретического знания; специальные картины мира являются ярко выраженными автономными образованиями; их автономия крайне относительна, поскольку они выступают фрагментами общенаучной картины мира. Однако в истории науки могут найти подтверждения все три точки зрения, только они относятся к разным ее стадиям: додисциплинарной науке XVII века, дисциплинарно организованной науке XIX — первой половины XX века, современной науке с ее усиливающимися междисциплинарными связями. Эти стадии следует различать.

Первой из наук, которая сформировала целостную картину мира, опирающуюся на результаты экспериментальных исследований, была физика. В своих зародышевых формах возникающая физическая картина мира содержала множество натурфилософских наслоений. Но даже в этой форме она целенаправляла процесс эмпирического исследования и накопление новых фактов.

В качестве характерного примера такого взаимодействия картины мира и опыта в эпоху становления естествознания можно указать на эксперименты В.Гильберта, в которых исследовались особенности электричества и магнетизма.

Гильберт был одним из первых ученых, который противопоставил мировоззренческим установкам средневековой науки новый идеал — экспериментальное изучение природы. Однако картина мира, которая целенаправляла его эксперименты, включала ряд представлений, заимствованных из господствовавшей в Средневековье аристотелевской натурфилософии. Хотя Гильберт и критиковал концепцию перипатетиков о четырех элементах (земли, воды, воздуха и огня) как основе всех других тел, он использовал представления о металлах как сгущениях земли и об электризуемых телах как о сгущениях воды. На основе этих представлений Гильберт выдвинул ряд гипотез относительно электрических и магнитных явлений. Эти гипотезы не выходили за рамки натурфилософских построений, но они послужили импульсом к постановке экспериментов, обнаруживших реальные факты. Например, представления об “электрических телах” как воплощении “стихий воды” породили гипотезу о том, что все электрические явления — результат истечения “флюидов” из наэлектризованных тел. Отсюда Гильберт предположил, что электрические истечения должны задерживаться преградами из бумаги и ткани и что огонь должен уничтожать электрические действия, поскольку он испаряет истечение^[2]. Так возникла идея серии экспериментов, обнаруживших факты экранирования электрического поля некоторыми видами материальных тел и факты воздействия пламени на наэлектризованные тела (если использовать современную терминологию, то здесь было по существу обнаружено, что пламя обладает свойствами проводника).

Аналогичным образом представления о магните как о сгущении Земли генерировали знаменитые эксперименты Гильберта с шаровым магнитом, посредством которых было доказано, что Земля является шаровым магнитом, и выяснены свойства земного магнетизма. Эксперимент с шаровым магнитом выглядит весьма изящным даже по меркам современных физических опытов. В его основе лежала аналогия между шаровым магнитом (террелой) и Землей. Гильберт исследовал поведение миниатюрной магнитной стрелки, помещаемой в разных точках террелы, и затем полученные данные сравнил с известными из практики мореплавания фактами ориентации магнитной стрелки относительно Земли. Из сравнения этих данных Гильберт заключил, что Земля есть шаровой магнит.

Исходная аналогия между террелой и Землей была подсказана принятой Гильбертом картиной мира, в которой магнит как разновидность металлов рассматривался в качестве воплощения “природы земли”, Гильберт даже в названии шарового магнита (“террела” — земля) подчеркивает общность материи Земли и материи магнита и естественность аналогии между земным шаром и шаровым магнитом.

Целенаправленно наблюдения и эксперименты, картина мира всегда испытывает их обратное воздействие. Можно констатировать, что новые факты, полученные В. Гильбертом в процессе эмпирического исследования процессов электричества и магнетизма, генерировали ряд достаточно существенных изменений в первоначально принятой им картине мира. По аналогии с представлениями о Земле как “большом магните”, Гильберт включает в картину мира представления о планетах как о магнитных телах. Он высказывает смелую гипотезу о том, что планеты удерживают на их орбитах силы магнитного притяжения. Такая трактовка, навеянная экспериментами с магнитами, радикально меняла представление о природе сил. В это время силу рассматривали как результат соприкосновения тел (сила давления одного груза на другой, сила удара)[\[3\]](#). Новая трактовка силы была преддверием будущих представлений механической картины мира, в которой передача сил на расстоянии рассматривалась как источник изменений в состоянии движения тел.

Полученные из наблюдения факты могут не только видоизменять сложившуюся картину мира, но и привести к противоречиям в ней и потребовать ее перестройки. Лишь пройдя длительный этап развития, картина мира очищается от натурфилософских наслоений и превращается в специальную картину мира, конструкты которой (в отличие от натурфилософских схем) вводятся по признакам, имеющим опытное обоснование.

В истории науки первой осуществила такую эволюцию физика. В конце XVI — первой половине XVII века 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 эпохи Возрождения и начала Нового времени. 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, исключающий схоластическое разделение на земной и небесный мир; принцип причинности и закономерности природных процессов, принципы 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 обоснование.

После возникновения механической картины мира процесс формирования специальных картин мира протекает уже в новых условиях. Специальные картины мира, возникавшие в других областях естествознания, испытывали воздействие физической картины мира как лидера естествознания и, в свою очередь, оказывали на физику активное обратное воздействие. В самой же физике построение каждой новой картины мира происходило не путем выдвижения натурфилософских схем с их последующей адаптацией к опыту, а путем преобразования уже сложившихся физических картин мира, конструкты которых активно использовались в последующем теоретическом синтезе (примером может служить перенос

представлений об абсолютном пространстве и времени из механической в электродинамическую картину мира конца XIX столетия).

Ситуация взаимодействия картины мира и эмпирического материала, характерная для ранних стадий формирования научной дисциплины, воспроизводится и на более поздних этапах научного познания. Даже тогда, когда наука сформировала слой конкретных теорий, эксперимент и наблюдение способны обнаружить объекты, не объясняемые в рамках существующих теоретических представлений. Тогда новые объекты изучаются эмпирическими средствами, и картина мира начинает регулировать процесс такого исследования, испытывая обратное воздействие его результатов.

Весьма показательным примером в этом отношении может служить экспериментальное открытие катодных лучей в конце XIX века и изучение их основных свойств.

После того как эти лучи случайно были обнаружены в опытах с электрическими разрядами в газовых трубках, выяснилось, что существующие теоретические знания ничего не говорят о природе нового физического агента. Тогда начался довольно продолжительный период изучения катодных лучей преимущественно экспериментальными средствами. Было установлено, что катодный пучок способен вращать радиометр (эффект механического действия катодных лучей), что поставленный на их пути мальтийский крестик дает на флюоресцирующем стекле четкую тень (прямолинейность распространения катодных лучей), что приближение к ним магнита приводит к смещению вызываемого ими флюоресцирующего пятна (эффект взаимодействия катодных лучей с магнитным полем). Все эти свойства катодных лучей были выявлены в экспериментах Крукса, который заключил, что катодные лучи являются потоком заряженных корпускул.

Обычно считается, что гипотеза о корпускулярной природе катодных лучей была выдвинута Круксом после проведения экспериментов как их обобщение. Но это не так, поскольку в общем виде эта гипотеза предшествовала опытам Крукса. Они были целенаправлены особой системой исторически сложившихся представлений о физической реальности, согласно которым процессы природы трактовались как взаимодействие “лучистой материи” (колебаний эфира) и частиц, несущих электрический заряд (способных в свою очередь образовывать тела как заряженные, так и электрически нейтральные).

Указанная система представлений не являлась теорией в собственном смысле слова, поскольку она не содержала конкретных теоретических моделей и законов, объясняющих и предсказывающих результаты экспериментов. Это была физическая картина мира, принятая в естествознании в конце XIX — начале XX века.

Из этой картины следовало, что физический агент, природу которого надлежало изучить, мог быть либо потоком корпускул (электрически заряженных или нейтральных), либо “лучистой материей”. Крукс с самого начала придерживался корпускулярной гипотезы и свои опыты ставил с целью ее обоснования. Характерно, что в этот период другими исследователями (Ленард, Герц) проводилась экспериментальная проверка и альтернативного предположения — о волновой природе катодных лучей (опыты дали отрицательный ответ, показав, что катодные лучи не являются электромагнитными волнами).

Важно, что в обоих случаях первичная гипотеза, в соответствии с которой выдвигалась основная задача экспериментального исследования, была генерирована физической картиной мира. В дальнейшем по мере сопоставления гипотезы с возможностями эксперимента общая задача исследований конкретизировалась и расчленилась на ряд локальных задач: выяснялось, какие эффекты могут подтвердить корпускулярную (соответственно волновую) природу катодных лучей, намечалось, какими средствами можно регистрировать указанные эффекты, и т.д.

Отсюда и возникал замысел каждого из экспериментов, поставленных Круксом, Ленардом, Герцем и другими исследователями. Картина физической реальности определяла здесь стратегию экспериментальной деятельности, формулируя ее задачи и указывая пути их решения.

В свою очередь, полученные факты оказывали активное обратное воздействие на сложившуюся физическую картину мира. Появилась гипотеза об особой природе частиц, образующих катодные лучи, которые Крукс полагал “частицами, лежащими в основе физики Вселенной”. “Я беру на себя смелость предположить, — писал Крукс, — что главные проблемы будущего найдут свое решение именно в этой области и даже за нею. Здесь, по моему мнению, сосредоточены окончательные реальности, тончайшие, определяющие, таинственные”^[4].

Последующее развитие физики во многом подтвердило эту гипотезу, доказав, что отрицательно заряженные частицы, составляющие катодные лучи, не являются ионами, а представляют собой электроны (эксперименты Томсона и Ленарда и теория Лоренца).

Функционирование научной картины мира в качестве исследовательской программы эмпирического поиска обнаруживается как в процессе экспериментального исследования, так и в науках, основанных на наблюдениях и не применяющих экспериментальных методов.

Так, в современной астрономии, несмотря на довольно развитый слой теоретических моделей и законов, значительное место принадлежит исследованиям, в которых картина мира непосредственно регулирует процесс наблюдения и формирования эмпирических фактов. Астрономическое наблюдение весьма часто обнаруживает новый тип объектов или новые стороны взаимодействий, которые не могут быть сразу объяснены в рамках имеющихся теорий. Тогда картина реальности активно целенаправляет все последующие систематические наблюдения, в которых постепенно раскрываются особенности нового объекта.

Характерным примером в этом отношении может служить открытие и изучение квазаров. После обнаружения первого квазара — радиоисточника 3С 48 — сразу же возник вопрос, к какому типу космических объектов он относится? В картине исследуемой реальности, сложившейся ко времени открытия квазаров, наиболее “подходящими” типами объектов для этой цели могли быть звезды, либо очень удаленные галактики. Обе гипотезы целенаправленно проверялись в наблюдениях. Именно в процессе такой проверки были обнаружены первые свойства квазаров. Дальнейшее исследование этих объектов эмпирическими средствами также проходило при активной корректировке со стороны картины реальности. В частности, можно установить ее целенаправляющую роль в одном из ключевых моментов этого исследования, а именно — открытии большого красного смещения в спектрах квазаров. В истоках этого открытия лежала догадка М.Шмидта, который отождествил эмиссионные линии в спектре квазаров с обычной бальмеровской серией водорода, допустив большое красное смещение (равное 0,158). Внешне эта догадка выглядит сугубо случайной, поскольку к этому времени считалось повсеместно, что квазары являются звездами нашей Галактики, а звезды Галактики не должны иметь такое смещение. Поэтому, чтобы возникла сама идея указанного отождествления линий, нужно было уже заранее выдвинуть экстравагантную гипотезу. Однако эта гипотеза перестает быть столь экстравагантной, если принять во внимание, что общие представления о структуре и эволюции Вселенной, сложившиеся к этому периоду в астрономии, включали представления о происходящих в галактиках грандиозных взрывах, которые сопровождаются выбросами вещества с большими скоростями, и о расширении нашей Вселенной. Любое из этих представлений могло генерировать исходную гипотезу о возможности большого красного смещения в спектре квазаров.

С этих позиций за случайными элементами в рассматриваемом открытии уже прослеживается его внутренняя логика. Здесь выявляется важная сторона регулятивной функции, которую выполняла картина мира по отношению к процессу наблюдения. Эта картина позволяла не только сформулировать первичные гипотезы, которые целенаправляли наблюдения, но и помогала найти правильную интерпретацию соответствующих данных, обеспечивая переход от данных наблюдения к фактам науки.

Таким образом, первичная ситуация, характеризующая взаимодействие картины мира с наблюдениями и экспериментами, не отмирает с возникновением в науке конкретных теорий, а сохраняет свои основные характеристики как особый случай развития знания в условиях, когда исследование эмпирически обнаруживает новые объекты, для которых еще не создано адекватной теории.

В методологии науки исследование этих эвристических функций научной картины мира вначале проводилось на материале истории физико-математического естествознания. Для этого имелись свои основания, поскольку физика раньше других опытных наук достигла высоких стадий теоретизации и здесь было легче отличить научную картину мира и теорию в качестве особых единиц теоретического знания, каждая из которых имеет специфические взаимосвязи с опытом. Но после того как в рамках этого подхода была выявлена эвристическая роль физической картины мира, в эмпирическом познании возникла проблема: насколько универсальны разработанные методологические представления? Подтверждаются ли они применительно к другим наукам? Существуют ли в других научных дисциплинах формы знания, аналогичные физической картине мира, которые выполняют функцию весьма общей исследовательской программы науки?

Полемика вокруг специальных научных картин мира (дисциплинарных онтологий) не раз возникала в нашей литературе. Сформировалось два альтернативных подхода к проблеме.

Сторонники первого из них полагали, что по аналогии с физической картиной мира могут быть выявлены и проанализированы соответствующие формы систематизации знаний в других науках. Сторонники второго подхода отрицали существование специальных научных картин мира, считая, что в методологическом анализе структуры и динамики знания можно обойтись без данного понятия. В поддержку этой позиции приводилась следующая аргументация. Прежде всего критика была направлена против введения по аналогии с физической картиной мира терминов “биологическая”, “химическая”, “техническая” и т.п. картины мира. Термины эти действительно не очень удачные, и их критика содержала рациональные моменты. Дело в том, что применительно к фундаментальным идеям и представлениям физики их обозначение термином “картина мира” было допустимым, поскольку предметом физического исследования являются фундаментальные структуры и взаимодействия, которые определяют эволюцию Вселенной и прослеживаются на всех стадиях этой эволюции. Но по отношению к другим наукам (биологии, химии, техническим и социальным наукам) этого сказать нельзя. Изучаемые ими процессы рассматриваются в современной системе представлений о мире как возникшие только на определенном этапе развития Вселенной. Они не принадлежат к фундаментальным структурам Универсума, существующим на любых стадиях его развития. Поэтому интуитивно термины “химическая картина мира”, “биологическая картина мира” и т.п. вызывают неприятие.

Но критика термина еще не является основанием, чтобы отрицать обозначаемую им форму знания. В конце концов, поиск адекватной терминологии является важным, но не решающим в разработке проблем методологии науки. Кстати, термин “картина исследуемой реальности” (биологической, химической, социальной и т.п.)

представляется вполне приемлемым, учитывая, что применение соответствующих понятий уже имеют солидную традицию (в частности, понятие “биологическая реальность” было проанализировано в нашей литературе еще в 70-х годах в работах И.Т.Фролова).

Кроме возражений терминологического характера противники концепции специальных картин мира выдвигали также некоторые общеметодологические доводы. Например, утверждалось, что особенности биологических и социальных наук делают неперспективным перенос на эти области тех методологических моделей, которые были выработаны и обоснованы на материале физики.

Однако, как свидетельствует история науки, такого рода жесткие запреты редко бывают продуктивными. И в самой науке, и в ее методологии одним из распространенных способов изучения новой предметной области является трансляция идей, понятий, методов, теоретических моделей из других областей знания. Разумеется, применение уже развитых методологических схем в новой области предполагает их корректировку, а часто и достаточно радикальное изменение соответственно специфике той или иной научной дисциплины. Установить же заранее, пригодны или непригодны уже разработанные методологические средства, чрезвычайно трудно, а чаще просто невозможно вне конкретного анализа структуры дисциплинарно организованного знания. Поэтому особого внимания заслуживают те немногочисленные ссылки на результаты такого анализа, которые приводили оппоненты концепции специальных научных картин мира.

Так, в 80-х годах в работах Р.С.Карпинской, глубоко исследовавшей философские и методологические проблемы биологии, отмечалось, что анализ, ценный для методологии физики, пока “имеет малое отношение к биологии, поскольку в биологии нельзя найти конструкторы, относительно которых строилась бы картина мира”^[5]. В данном случае было четко сформулировано положение, которое можно было подтвердить или опровергнуть, обращаясь к конкретным историческим текстам биологической науки. Анализ этих текстов обнаружил, что в биологии, как и в других науках, фундаментальные представления об исследуемой реальности (картины биологической реальности) вводят набор базисных теоретических конструкторов, которые имеют онтологический статус и описываются посредством системы онтологических постулатов (принципов) биологии. Например, представления Кювье о видах, которые исчезают только в результате природных катастроф, вводило типичный идеализированный конструктор — неизменный вид. Здесь вполне уместна аналогия с представлениями о неделимом атоме, которые входили в физическую картину мира вплоть до конца XIX — начала XX века.

Подобным же образом в картине биологической реальности, предложенной Дарвиным, содержались представления об отдельных особях как единицах эволюции, которые обладают способностью наследовать все приобретенные признаки. Это был базисный теоретический конструктор, который отождествлялся с действительностью, но от которого впоследствии пришлось отказаться, модифицировав дарвиновскую картину биологической реальности.

Многочисленные исследования, проведенные в последнее десятилетие, подтвердили предположение о существовании в различных науках форм систематизации знания, задающих обобщенное видение предмета исследования и аналогичных по своим функциям физической картине мира^[6]. Это открывало возможности для анализа их эвристической роли в эмпирическом и теоретическом познании, апеллируя к широкому спектру ситуаций развития различных наук.

Большинство из этих наук значительно позже физики вступили в стадию теоретизации, связанную с формированием конкретных теоретических моделей и законов, объясняющих факты. Поэтому при анализе исторической динамики знания

в этих науках методолог чаще всего сталкивался с доминированием ситуаций эмпирического поиска, в которых картина реальности берет на себя функции теоретического программирования опыта и развивается под его воздействием. При этом в науке одновременно могут соперничать альтернативные картины реальности, каждая из которых выполняет роль исследовательской программы, предлагая свою постановку исследовательских задач и интерпретацию эмпирического материала. В этой конкуренции обычно побеждает та исследовательская программа, которая лучше ассимилирует накапливаемый материал, обеспечивает переход к построению первых теоретических моделей и которая соответствует мировоззренческим установкам, сложившимся в культуре определенного исторического периода.

Такой путь эмпирического познания широко распространен в науке. Он может быть прослежен не только в физике, но и в биологии. Типичным примером здесь является соперничество альтернативных картин биологического мира, выдвинутых Кювье и Ламарком. Каждая из них взаимодействовала с опытом и ставила свои задачи эмпирическому поиску. Представления Кювье о неизменных видах и геологических катастрофах стимулировало целенаправленное накопление фактов, свидетельствовавших о существовании в прошлом видов, радикально отличающихся от современных и уже исчезнувших. Картина биологической реальности, предложенная Ламарком, ассимилировала этот эмпирический материал, но давала ему иную интерпретацию: разнообразие видов истолковывалось как результат возникновения одних видов из других в результате приспособления организмов к меняющимся условиям обитания и наследования приобретенных признаков. В этой картине вводилось представление о постепенном совершенствовании органического мира и появлении все более высокоорганизованных видов.

Новая картина биологического мира меняла ориентиры эмпирического поиска. Основные задачи теперь состояли в обнаружении фактов, свидетельствующих о постепенном накоплении изменений и непрерывной линии эволюции (задачи, противоположные тем, которые ставились картиной органического мира, отстаиваемой Кювье и его сторонниками)^[7]. Показательно, что по мере расширения эмпирической базы ламаркистская картина биологической реальности уточнялась и конкретизировалась. В ней появилось представление о ступенчатой восходящей лестнице существ как результате эволюционных изменений и, соответственно, о градациях крупных таксономических групп животных и растений. Подчеркнем, что и в последующем развитии биологии классификации и типологии биологических объектов, обобщающие накопленный эмпирический материал, чаще всего осуществлялись под непосредственным влиянием картины биологического мира, которая функционировала в качестве исследовательской программы, целенаправляющей научный поиск.

Роль картины исследуемой реальности в интерпретации фактов и постановке задач эмпирического исследования может быть обнаружена и в других естественнонаучных дисциплинах. Например, то, что в химии называют флогистонной теорией, не может быть рассмотрено как теория в полном смысле слова, поскольку она не содержала конкретных законов и теоретических схем, объясняющих факты, а вводила лишь принципы такого объяснения. Посредством таких принципов фиксировалась весьма общая система представлений о химических объектах и их связях. Эта система представлений и образовывала картину химической реальности. Основы указанной картины были заложены в XVII веке работами Бехера и Штала. В этой картине все химические соединения рассматривались как состоящие из тройного рода “земель”, — особых начал (элементов), которые соединяются с водой и особой материальной субстанцией — флогистоном. “Земли”, “вода”, “флогистон” выступали как первичные сущности, а

все остальные вещества (соединения, “смешанные тела”) полагались построенными из этих сущностей.

Процессы окисления и горения связывались с действием флогистона, а кроме того он считался “летучей субстанцией”, которая могла сообщать свою летучесть частицам вещества при соединении с ними. Поскольку в этот период ньютоновское учение о всемирном тяготении только возникало, многие последователи Штала верили, что флогистон не притягивается к центру Земли, но стремится вверх[8].

Эта картина реальности, принятая исследователями, объясняла химические реакции как процесс перехода флогистона от вещества, богатого им, к веществу, в котором флогистона содержится меньше. Она позволяла рассматривать сами химические реакции в качестве взаимодействия как минимум двух веществ, объединить процессы горения с явлением обжига и т.д., иначе говоря, позволяла накапливать эмпирические факты и интерпретировать их. Более того, на основе этой картины были получены некоторые оправдавшиеся в практике советы по улучшению процессов выплавки металлов[9]. Но по мере развития знания открывались и такие факты, которые не укладывались в рассматриваемую картину химических процессов. Так, установление Реем увеличения веса металлов при превращении их в окалину вступало в противоречие с флогистонной концепцией, согласно которой считалось, что в процессе горения теряется некоторая часть горючих тел. Тем не менее, один из основоположников “флогистонной теории” — Г.Шталь — не придавал этому факту никакого значения, а его последователи, с целью сохранения существующей картины химической реальности, прибегали к представлениям об отрицательном весе флогистона (Гитон де Морво).

Устойчивость картины реальности по отношению к аномалиям (фактам, не укладывающимся в ее представления) — характерная особенность ее функционирования в качестве исследовательской программы. И.Лакатос отмечал, что ядро программы (в данном случае фундаментальные принципы и представления картины исследуемой реальности) сохраняется за счет пояса защитных гипотез, которые выдвигаются по мере появления аномальных фактов.

Гипотеза “отрицательного веса флогистона” является типичным примером попытки защитить ядро исследовательской программы.

Вместе с тем накопление аномалий и увеличение числа *ad hoc* гипотез в “защитном поясе” картины реальности стимулирует критическое отношение к ней и выдвижение новой картины.

В истории химии рассматриваемого исторического периода новая картина исследуемой реальности была предложена Лавуазье. Она некоторое время конкурировала с прежними, основанными на флогистонной концепции, представлениями о химических процессах, а затем вытеснила устаревшую картину. Новая картина реальности, развитая Лавуазье, элиминировала представления о флогистоне и ввела новое представление о химических элементах как простых веществах, являющихся пределом разложимости вещества в химическом анализе, из которых благодаря действию “химических сил” образуются сложные вещества. Эта картина позволила дать иную интерпретацию имеющихся фактов, а перед исследователями, принявшими ее, возникали новые задачи: изучение свойств химических элементов, экспериментального доказательства закона сохранения вещества и анализа природы “химических сил” и т.д.

Функционирование картины реальности в качестве исследовательской программы, целенаправляющей эмпирический поиск, можно проследить и на материале социальных наук.

Здесь также можно обнаружить конкуренцию различных представлений о реальности, каждое из которых ставило свои задачи эмпирическому исследованию[10].

Так, в исторической науке XX столетия картины социальной реальности, предложенные, например, А. Тойнби, П. Сорокиным, картина общества, отстаиваемая сторонниками классического марксизма, выдвигали различные типы задач при исследовании конкретных исторических ситуаций.

Тойнби основное внимание уделял фактам, которые могли бы свидетельствовать об особенностях каждой из выделенных им цивилизаций и об их циклическом развитии. Он стремился проследить иерархию социальных ценностей и концепцию смысла жизни, которые лежат в основании каждой из видов цивилизации и которые определяют ее ответы на исторические вызовы. Соответственно этим задачам происходил отбор фактов и их интерпретация.

Картина социально-исторической реальности, предложенная П. Сорокиным, также акцентировала внимание историка на исследовании фундаментальных ценностей, которые определяют тип культуры и соответствующий ей тип социальных связей. Здесь основная задача состояла в выявлении фактов, обосновывающих типологию культур, соответствующую, согласно П. Сорокину, трем основным типам мировосприятия (чувственному, рациональному и интуитивному).

Историки и социологи, разделявшие эту систему представлений, сосредотачивали усилия на анализе того, как проявляются фундаментальные ценности в различных состояниях религиозной жизни, в философской и этической мысли, в политике и экономических отношениях.

Что же касается историков-марксистов, то для них главное в исследовании исторического процесса состояло в анализе изменений способа производства, классовой структуры общества, выяснении зависимости духовной жизни от господствующих производственных отношений.

Картина социальной реальности, заданная основными принципами исторического материализма, требовала рассматривать все исторические события под углом зрения смены общественно-экономических формаций. Соответственно всем этим парадигмальным установкам ставились задачи поиска и истолкования исторических фактов [11].

Характерно, что когда обнаруживались факты, которые не согласовывались с исходной картиной социальной реальности, они либо оставались без объяснения, либо объяснялись посредством *ad hoc* гипотез. Причем сопротивление картины реальности напору “аномальных” фактов было тем больше, чем активнее эта картина служила идеологическим целям. Известно, например, что историки-марксисты испытывали немалые трудности при анализе традиционных цивилизаций Востока, применяя к ним представления о пяти общественно-экономических формациях. В частности, не обнаруживалось убедительных фактов, свидетельствовавших о существовании в истории этих обществ рабовладельческого способа производства. Модель рабовладельческой формации в лучшем случае была применима к небольшому числу древних цивилизаций средиземноморского региона. Сложности возникали и при исследовании традиционных восточных обществ с позиций классических марксистских представлений о феодальном способе производства.

Все эти факты требовали корректировки разработанной К. Марксом и Ф. Энгельсом картины социальной реальности. Показательно, что в свое время К. Маркс, обнаружив трудности согласования эмпирического материала, относящегося к истории традиционных цивилизаций, с предложенной в его картине социальной реальности типологии обществ, предпринял попытку несколько модернизировать эту картину. Он выдвинул гипотезу об азиатском способе производства как основании восточных цивилизаций. Впоследствии историки-марксисты многократно возвращались к этой идее. Было проведено несколько

дискуссий по проблеме азиатского способа производства. Однако по мере усиления в СССР идеологического контроля над общественными науками и догматизации марксизма все больше доминировали попытки подогнать факты под представления о пяти общественно-экономических формациях, выдвигая различные, часто искусственные допущения.

Вообще-то попытки сохранить ядро исследовательской программы путем введения защитных гипотез является характерным признаком ее функционирования[12]. Тем более, когда такое ядро представлено фундаментальными принципами науки, констатирующими принятую в ней онтологию — картину исследуемой реальности.

Пересмотр принципов картины реальности под влиянием новых фактов всегда предполагает обращение к философско-мировоззренческим идеям. Это в равной мере относится и к естествознанию, и к социальным наукам.

Вместе с тем в социально-научном исследовании идеологические и политические аспекты мировоззрения играют особую роль. Их влияние может стимулировать выработку новых представлений об исследуемой предметной области, но может и усилить сопротивление новым фактам, даже в тех ситуациях, когда принятая картина социальной реальности все меньше обеспечивает положительную эвристику эмпирического поиска.

Таким образом, анализ различных научных дисциплин позволяет сделать вывод об универсальности познавательных ситуаций, связанных с функционированием специальных научных картин мира (картин исследуемой реальности) в качестве исследовательских программ, непосредственно регулирующих эмпирический поиск, и об их развитии под влиянием эмпирических фактов. Такое развитие в классической науке выступает одним из условий построения теоретических схем, составляющих ядро конкретных научных теорий.

Генезис первичных теоретических моделей классической науки

Выше подчеркивалось, что главная особенность теоретических схем состоит в том, что они не являются результатом чисто индуктивного обобщения опыта. Но анализ структуры научного знания показал, что теоретические схемы должны быть изображением существенных черт предметной стороны тех экспериментов и измерений, на которые опирается теория.

На первый взгляд, между двумя отмеченными характеристиками имеется определенное противоречие. Однако это противоречие кажущееся. Теоретические схемы вводятся вначале как гипотетические конструкции, но затем они адаптируются к определенной совокупности экспериментов и в этом процессе обосновываются как обобщение опыта.

Отсюда представляется целесообразным при изучении генезиса теории выделить две стадии формирования теоретических схем: стадию их выдвижения как гипотез и стадию их обоснования.

Формирование теоретической схемы как гипотезы

В развитой науке теоретические схемы вначале строятся как гипотетические модели. Такое построение осуществляется за счет использования абстрактных объектов, ранее сформированных в сфере теоретического знания и применяемых в качестве строительного материала при создании новой модели.

Только на ранних стадиях научного исследования, когда осуществляется переход от преимущественно эмпирического изучения объектов к их теоретическому освоению, конструкты теоретических моделей создаются путем непосредственной схематизации опыта. Но затем они используются в функции средств для построения новых теоретических моделей, и этот способ начинает

доминировать в науке. Прежний же метод сохраняется только в рудиментарной форме, а его сфера действия оказывается резко суженной. Он используется главным образом в тех ситуациях, когда наука сталкивается с объектами, для теоретического освоения которых еще не выработано достаточных средств. Тогда объекты начинают изучаться экспериментальным путем, и на этой основе постепенно формируются необходимые идеализации как средства для построения первых теоретических моделей в новой области исследования. Примером таких ситуаций могут служить ранние стадии становления теории электричества, когда физика формировала исходные понятия — “проводник”, “изолятор”, “электрический заряд” и т. д. — и тем самым создавала условия для построения первых теоретических схем, объясняющих электрические явления.

Большинство теоретических схем науки конструируются не за счет прямой схематизации опыта, а методом трансляции уже созданных абстрактных объектов. Чтобы выявить эту специфику построения теоретических моделей, обратимся к конкретному материалу истории физики.

Одним из важных этапов становления классической электродинамики было открытие Фарадеем явления электромагнитной индукции. Многочисленные эксперименты по изучению этого явления (опыты с магнитом, который при движении относительно замкнутого провода порождал в нем индукционный ток; аналогичные опыты с соленоидами и проводами различной конфигурации, опыт Араго и т. д.) были объяснены Фарадеем в рамках закона индукции. Согласно этому закону, когда проводящее вещество, движущееся относительно потока магнитных силовых линий, пересекает его, то в проводящем веществе возникает электродвижущая сила (э. д. с.).

Данный закон выражал корреляции между абстрактными объектами теоретической схемы, которая характеризовала электромагнитную индукцию через отношение абстрактных объектов “магнитные силовые линии” и “проводящее вещество”. Присмотримся, однако, более внимательно, откуда взялись эти объекты. Они не содержались внутри эмпирических схем индукции, а были перенесены из других областей теоретического знания. Фарадей заимствовал конструкт “магнитные силовые линии” из смежной области теоретического знания, которая была введена для объяснения опытов магнитостатики (исследование возможных ориентаций миниатюрных магнитных стрелок в поле действия постоянных магнитов и токов). Другой же абстрактный объект — “проводящее вещество” — был перенесен им из области знаний о токе проводимости. Эти объекты были “погружены” в новую систему отношений, благодаря чему приобрели новые признаки.

Конструкт “магнитные силовые линии” приобрел признак “вызывать электродвижущую силу (э. д. с.) в проводящем веществе” (тогда как раньше, в знаниях магнитостатики, он определялся только по признаку воздействия на пробный магнит). Конструкт “проводящее вещество”, который ранее репрезентировал только свойства проводников, связанные с действием тока проводимости, оказался наделенным новым признаком — “возникновением в проводнике э. д. с. индукции”. Наделение данных конструктов новыми признаками означало перестройку прежних абстрактных объектов, поскольку каждый из них определялся только как носитель некоторых жестко фиксированных признаков. Таким путем наука сформировала первоначальный вариант теоретической схемы электромагнитной индукции.

Аналогичные способы построения теоретических схем встречаются в физике буквально на каждом шагу. Рассмотрим, например, под этим углом зрения уже упомянутую Резерфордскую модель атома. Ее основные элементы (абстрактные объекты) — “ядро как центр потенциальных отталкивающих сил” и “электрон” —

были заимствованы из уже сложившихся областей теоретического знания. Конструкт “положительно заряженный центр потенциальных отталкивающих сил” был перенесен из электродинамики и определен по отношению к идеальной α -частице и электрону как атомное ядро. “Электрон” также был взят из классической электродинамики и при погружении его в новые отношения был наделен новым признаком — “вращаться вокруг ядра”. За счет всех этих внутритеоретических операций и была создана гипотеза о планетарном строении атома, предназначенная для объяснения экспериментов в атомной области.

Таким образом, в развитых формах научного исследования теоретическая схема создается путем соединения в новой “сетке” связей абстрактных объектов, почерпнутых из других областей знания. Но тогда возникает вопрос: откуда узнает исследователь, какие именно элементы уже созданных в науке теоретических схем можно использовать при построении новой модели и в какие отношения следует “погрузить” эти элементы, чтобы построить такую модель? Ответ на этот вопрос приводит к выяснению важных сторон процесса образования теоретической схемы на этапе ее выдвижения в качестве гипотезы.

На первый взгляд кажется, что исследователя в выборе абстрактных объектов целиком ориентируют те эксперименты, которые должны быть объяснены посредством новой модели. Так, в случае планетарной модели атома сами результаты эксперимента (обнаружение того, что α -частицы, проходя через атомы вещества, рассеиваются на большие углы) делали естественным вывод, что внутри атома существует мощный положительный заряд, который ведет себя как центр потенциальных отталкивающих сил. Отсюда следовала идея атомного ядра. Его стабильное существование внутри атома требовало в свою очередь, чтобы электроны не соприкасались с ядром и не нейтрализовали его заряд. Отсюда естественно возникало предположение о вращении электронов вокруг ядра, благодаря чему они удерживаются на определенном расстоянии от него.

В принципе, так обычно и излагаются истоки Резерфордской гипотезы строения атома. При таком изложении проблема формирования гипотетического варианта будущей теоретической схемы решается просто: выбор ее абстрактных объектов (положительно заряженного ядра и электронов) и систему их отношений подсказывает эксперимент.

Но продолжим анализ дальше. Как видно из истории физики, задолго до того, как Резерфорд осуществил свой опыт, в физике были известны такие гипотетические модели атома, согласно которым положительные заряды могут быть сконцентрированы в виде ядра, а электроны должны вращаться вокруг ядра.

Планетарная модель атома, которая обычно связывается с именем Резерфорда, в качестве гипотезы была выдвинута задолго до опыта с α -частицами в работе Нагаока в 1904 г. Судя по тому, что в первых трудах, посвященных обсуждению экспериментов с α -частицами и идеи ядерного строения атома (1911 г.), Резерфорд ссылаясь на эту работу, он, по-видимому, ставил свои опыты, уже имея в распоряжении в качестве одного из гипотетических вариантов, которые подлежали опытной проверке, планетарную модель атома [13]. Этот факт важен для понимания логики выдвижения научной гипотезы. Он свидетельствует, что проблема поиска абстрактных объектов будущей теоретической модели и их отношений не может быть решена только путем указания на целенаправляющую роль экспериментов, которые обосновывают гипотетическую модель.

Отсутствие таковых экспериментов не мешает выдвижению гипотетических моделей. Правда, в классической физике ситуации подобного типа скорее аномалии, чем правило. Но для анализа логики научных открытий они особенно важны, поскольку в таких ситуациях как раз и проявляются в чистом виде те операции построения теоретических схем на стадии гипотезы, которые трудно выявить при

наличии развитого слоя экспериментов, обеспечивающего обоснование гипотезы и оказывающего воздействие на процесс ее формирования. Поэтому особый интерес приобретает выдвижение именно первых вариантов планетарной модели атома. Их можно рассматривать как гипотетическую стадию построения указанной модели. Деятельность же Резерфорда тогда можно интерпретировать как стадию обоснования планетарной модели атома.

Конечно, такой подход означает определенную реконструкцию исторического материала, поскольку модель Нагаока в свое время не имела успеха и не была принята большинством физиков. Сама идея атомного ядра в тот период не имела никаких подтверждений. Более того, были обнаружены не учтенные Нагаока парадоксы неустойчивости атома, к которым приводила планетарная модель: вращающийся вокруг ядра электрон должен излучать и, теряя свою энергию, падать на ядро [14]. Планетарная модель атома обрела вторую жизнь только после экспериментов Резерфорда, подтвердивших существование атомного ядра, и поэтому ее по праву связывают с именем Резерфорда. Характерно, что в этот период все парадоксы неустойчивости атома стали открывать как бы заново. Однако теперь ситуация меняется, и физики, несмотря на эти парадоксы, принимают планетарную модель атома, считая, что устранить ее противоречия удастся в ближайшем будущем. Но от всех этих моментов, связанных с проблемой принятия гипотезы научным сообществом, можно абстрагироваться, проследив логику формирования теоретических схем. В определенных границах допустимо рассматривать выдвижение первых вариантов гипотетических моделей и последующее их обоснование как непрерывный процесс, осуществляемый некоторым “совокупным исследователем” (в нашем примере Нагаока—Резерфорд). В этом случае безразлично, как осуществляется выдвижение гипотезы и ее обоснование — одним ученым или коллективом исследователей, каждый из которых проделывает определенную серию познавательных операций, логически необходимых для построения теоретической схемы.

На основе сказанного можно вновь обратиться к проблеме выбора абстрактных объектов и “сетки” их связей, благодаря которой они образуют гипотетическую модель. Но теперь следует подойти к ней с новых позиций, не апеллируя к “решающим экспериментам” типа резерфордовских опытов с α -частицами.

Прежде всего необходимо выяснить, откуда взялась сама задача построения планетарных моделей атома, если не существовало еще экспериментов, свидетельствующих о наличии атомного ядра.

Анализ состояния физики в период выдвижения первых гипотез о строении атома показывает, что постановка такой задачи была теснейшим образом связана с разработкой электромагнитной картины мира. Эта картина утвердилась благодаря успехам электродинамики в конце XIX века и развивалась по мере все новых экспериментальных и теоретических достижений. Согласно принципам электромагнитной картины мира, все процессы природы должны быть представлены как взаимодействие вещества и эфира. Все силы природы предполагалось унифицировать, сводя различные типы сил к изменениям состояния эфира (“Один эфир для света, теплоты и электричества”, — писал Кельвин в конце XIX века [15]). Считалось, что даже ньютоновский закон всемирного тяготения может быть сведен со временем к передаче сил с конечной скоростью в эфире [16]. Взаимодействие эфира с атомами вещества рассматривалось как источник возникновения зарядов [17].

Первоначально, согласно программе Максвелла и его последователей (например, Ленарда, Герца), предполагалось, что заряды можно представить как особые процессы возмущения эфира [18] (основанием тому была ключевая идея максвелловской теории электромагнитного поля о тождественности тока смещения

току проводимости, что позволяло представить плотности зарядов-токов в форме потока электромагнитного поля). Однако под влиянием идей атомистики в физике неоднократно высказывались гипотезы о возможности распространить принцип атомизма и на заряды. Эти идеи нашли эмпирическое и теоретическое подтверждения после открытия электронов и разработки электродинамики Лоренца, основанной на представлении о зарядах-токах как о системе электронов, взаимодействующих с электромагнитным полем. После этого в картину мира окончательно вошло новое представление о зарядах. Они стали рассматриваться в качестве особых частиц вещества — электронов (“атомов электричества”), взаимодействие которых с электромагнитным полем (эфиром) было представлено как глубинное основание всех физических процессов. Тогда в физической картине мира кроме “атомов вещества” и “эфира” появился новый элемент — “атомы электричества”, и возникла проблема их отношения к атомам “обычного” вещества. Огромный интерес к вопросам строения вещества, который появился в физике в конце XIX — начале XX века, во многом был генерирован именно этой проблемой[19]. Обсуждая ее, физики прежде всего поставили вопрос: не входят ли электроны в состав атома? Конечно, сама формулировка такого вопроса была смелым шагом, поскольку она приводила к новым изменениям в картине мира (нужно было признать сложное строение атомов вещества). Поэтому конкретизация проблемы соотношения атомов и электронов была связана с выходом в сферу философского анализа, что всегда происходит при радикальных сдвигах в картине мира (например, Дж. Дж. Томсон, который был одним из инициаторов постановки вопроса о связи электронов и атомов вещества, искал опору в идеях атомистики Босковича, чтобы доказать необходимость сведения в картине мира “атомов вещества” к “атомам электричества”[20]). Но так или иначе можно зафиксировать, что проблема соотношения электронов и атомов и ее анализ под углом зрения сложности атома была генерирована развитием физической картины мира.

С развитием физики, по мере появления новых экспериментальных данных и теоретических представлений (особенно после открытия радиоактивного распада и создания его теории) конструирование различных моделей строения атома стало у физиков обычным явлением. Однако построение таких моделей началось несколько раньше под влиянием проблемы электрона, введенного в качестве особого элемента в картину физической реальности.

Таким образом, мы вправе сделать вывод, что импульс к построению гипотетических схем структуры атома был дан электромагнитной картиной мира, включившей в свой состав под влиянием предшествующего развития эмпирического и теоретического материала физики и при участии философских идей новые элементы.

Физическая картина мира не только способствует выдвижению проблемы, приводящей к поискам новых гипотетических моделей физики, но и указывает пути ее решения, очерчивает область возможных средств, используя которые можно создавать гипотетические варианты будущих теоретических схем. В нашем примере с планетарной моделью атома нетрудно обнаружить, что сама постановка задачи — свести “атомы вещества” к “атомам электричества” — определяла область исходных абстрактных объектов, которые должны были использоваться для построения модели атома. Это должны быть объекты теории “атомов электричества”, т. е. объекты электродинамики Максвелла — Лоренца — положительные и отрицательные заряды, взаимодействующие через электромагнитное поле. Отношения этих зарядов призваны были представить электрически нейтральный и стабильный атом.

Однако, чтобы построить модель атома, недостаточно было только определить ее элементы. Нужна была еще и “сетка отношений”, в которой эти элементы должны

находиться. Выбор элементов будущей гипотетической схемы атома в какой-то мере уже налагает ограничения на характер такой “сетки” (поскольку признаки абстрактных объектов должны соответствовать характеру их отношений в рамках создаваемой модели). В частности, разноименные заряды согласно их основному признаку, по которому они были введены в электродинамику, должны были притягиваться в соответствии с законом Кулона. Значит, проблема состояла в том, чтобы подыскать такие их корреляции, в рамках которых они, несмотря на это притяжение, оставались бы пространственно разделенными и такая их конфигурация была бы стабильной.

Одной из первых моделей атома, предлагающих решения этой задачи, как раз была модель Нагаока. Ее создатель, опираясь на высказанную Кельвиным идею о возможности уподобить конфигурацию зарядов, из которых должен состоять атом, системам тяготеющих масс небесной механики, перенес отношения между стабильными конфигурациями таких масс (например, планет и Солнца в солнечной системе: планеты и ее спутников) на заряды, образующие атом.

С этих позиций представить процесс построения модели атома можно таким образом: образ планетной системы был использован в качестве своеобразной структуры, особой сети отношений, в которую должны быть погружены конструкты “электрон” и “положительно заряженная сфера в центре атома”. Нагаока пользовался вначале моделью единичных тел, вращающихся вокруг центрального тела, а затем, с целью найти аналог многоэлектронных орбит, использовал аналогию между ними и кольцами, вращающимися вокруг Сатурна. Соединяя эту сеть отношений, заимствованную из небесной механики, с конструктами электродинамики (замещая материальные точки, изображающие центральное тело и движущиеся вокруг него массы, зарядами), Нагаока получил гипотетическую модель строения атома.

Указанную процедуру выдвижения гипотезы можно было бы описать также в терминах “гештальт-переключения”, как это часто делается в философской литературе (при обсуждении проблемы научного открытия)[\[21\]](#). Тогда стабильные конфигурации тяготеющих масс небесной механики (типа солнечной системы или планеты со спутниками) предстанут в роли “гештальтов” (или “образцов” по Куну), позволивших в новом свете увидеть проблему строения атома. Однако при таком подходе несколько затемняется важное для логического понимания проблемы структурное расчленение теоретических моделей, а также связь их формирования с процессами переноса абстрактных объектов из других областей знания. Кроме того, существует еще один важный момент, который, на наш взгляд, не учитывается при описании процесса открытия в терминах смены “гештальтов”.

Речь идет об основаниях, благодаря которым происходит создание и применение в науке аналоговых моделей. Следуя Куну, можно говорить лишь о психологической интуиции исследователей, которая выражается в смене образца видения научной ситуации. Вопрос о причинах выбора того или иного образца у Куна, по существу, снимается[\[22\]](#).

Однако постановка такого вопроса как раз и приводит к обнаружению важного аспекта теоретических открытий. Почему, например, исследователи, создающие модели атома, вдруг обратились к представлению о тяготеющих массах? Что обусловило их видение атома как аналога планетной системы? Ведь для того чтобы использовать аналогии, нужно иметь какое-то основание, предположить сходство между двумя типами в общем-то очень разнородных явлений.

Оказывается, такое основание было? и источником его служила электромагнитная картина мира. В этой картине все виды сил природы, в том числе

и тяготение, связывались с эфиром. Считалось, что действие тяготеющих масс в принципе можно объяснить свойствами эфира как носителя электромагнитной энергии (в качестве конкретно-теоретического основания приводилось сходство выражений ньютоновского закона всемирного тяготения и закона Кулона для зарядов и указывалось на успешную переформулировку последнего в рамках теории поля)[\[23\]](#).

Одним из первых исследователей, который стал рассматривать взаимодействие зарядов в атоме по образу и подобию взаимодействия тяготеющих масс, был Кельвин. Он в свое время особое внимание уделял проблемам связи тяготения и электромагнетизма и поэтому, может быть, лучше других, был готов к использованию аналогии между тяготеющими массами и зарядами (моменты, относящиеся к психологии открытия). Но, коль скоро было основание для такого шага, сам этот шаг уже может быть рассмотрен как логически оправданный и доступный любому исследователю (логика открытия). В этом отношении показательно, что, несмотря на различие моделей атома, предложенных в начале нашего столетия Кельвиным, Дж. Дж. Томсоном, Нагаока и другими, все они первоначально опирались на аналогию между распределением зарядов и распределением тяготеющих масс[\[24\]](#), пытаясь подобрать такую конфигурацию масс, чтобы, заменив ими заряды, получить стабильный атом.

Таким образом, физическая картина мира не только указывает на область теоретических конструктов, которые могут быть использованы при построении новых теоретических схем науки, но и помогает отыскать определенные отношения таких конструктов. Конструкты и структура, в которой они должны находиться, могут заимствоваться из разных областей знания. Но для переноса структуры нужно увидеть аналогию между объектами исследования уже сложившейся и только формирующейся области теоретического знания. Такое видение физических ситуаций обеспечивает картина мира.

Рассмотренный пример с планетарной моделью атома, которая создавалась в качестве гипотезы до появления “решающих экспериментов”, подтвердивших наличие атомного ядра, позволяет проследить в относительно чистом виде основные особенности построения теоретических схем на начальном этапе их становления.

Главная из этих особенностей состоит в активном целенаправленном воздействии картины мира на процесс выбора абстрактных объектов и сети их отношений, благодаря объединению которых создаются первые гипотетические варианты теоретических схем. Эта особенность прослеживается и тогда, когда теоретическая схема создается при наличии развитого слоя экспериментов, для объяснения которых она вводится. В этом случае эксперименты облегчают процесс формирования гипотетических вариантов схемы, но они не являются единственным фактором в первоначальном выборе ее абстрактных объектов и их отношений.

Нетрудно, например, установить, что при построении фарадеевской модели индукции, которая создавалась для объяснения уже осуществленных экспериментов, обнаруживших явление электромагнитной индукции, важнейшую роль как в выборе абстрактных объектов, так в нахождении их связей сыграла развиваемая Фарадеем картина физической реальности. В ней все электрические и магнитные процессы рассматривались как проявление некоторой единой сущности, а центр тяжести анализа этих процессов переносился с зарядов и магнитов на пространство между ними, которое рассматривалось как “заполненное кривыми электрических и магнитных сил”. Эти первоначальные представления картины мира, выработанные Эрстедом, Воллостоном и Фарадеем, основывались на предшествующих достижениях электродинамики, рассмотренных под углом зрения философских идей единства мира и единства материи и силы.

Опираясь на эту картину физической реальности, Фарадей при построении теоретической схемы электромагнитной индукции перенес на новую область выработанное в магнитостатике представление о перемещениях магнитных силовых линий в пространстве. Таким путем было введено одно из главных отношений между проводящим веществом и силовыми линиями в модели индукции, а именно, что э. д. с. появляется тогда, когда число силовых линий, пересекающих проводник, меняется во времени в каждой единице его объема.

Сквозь призму этого представления можно было легко понять все эффекты, возникающие при относительном движении проводников и магнитов. Но из знания самих этих эффектов представление о силовых линиях вывести было чрезвычайно трудно, а практически и невозможно. Достаточно вспомнить, насколько неожиданным для современников Фарадея было его объяснение явлений электромагнитной индукции, хорошо известных из экспериментов, чтобы убедиться, что само по себе знание таких экспериментов отнюдь не подсказывало идею связи между э.д.с. индукции и изменением числа силовых линий в проводнике. В этом отношении особенно характерно неожиданное объяснение Фарадеем опыта Араго. Суть опыта состояла в следующем: если над подвешенным (ненамагничивающимся) медным диском вращать магнит, то диск тоже начинает вращаться. Все знали этот опыт, но только Фарадей сумел объяснить его: при вращении магнита в пространстве перемещаются окружающие его силовые линии и, пересекая проводящее вещество (медный диск), порождают в нем индукционные токи, что делает на время диск источником магнетизма (ток рождает магнетизм) и приводит его во взаимодействие с прямолинейным магнитом, вызывая вращение диска. Таким образом, чтобы ввести такое объяснение, нужно было заранее иметь картину движения магнитных силовых линий в пространстве. Но эта картина не следовала из самих опытов по индукции. Фарадей выработал ее в магнитостатике, а затем экстраполировал на область новых явлений. Процесс такой экстраполяции стал возможен только благодаря выработанной Фарадеем картине мира, согласно которой все процессы электромагнетизма следовало объяснять исходя из “конфликта” электрических и магнитных сил в пространстве.

Образ изменения направлений силы в пространстве, как причины всех электромагнитных явлений, постоянно был перед внутренним взором Фарадея. Поэтому для него было совершенно естественно использовать модели магнитостатики, основанные на представлении о магнитных силовых линиях, в качестве аналогов при объяснении электромагнитной индукции.

Отметим также, что сам перенос моделей из одной области знаний об электричестве и магнетизме в другую был возможен только потому, что фарадеевская картина физического мира постулировала связь предметов исследования каждой из таких областей. Если учесть, что в этот же период Фарадею приходилось доказывать, что различные виды электричества (электричество трения, гальваническое, магнитоэлектричество и т. д.) — суть проявления одного и того же электричества, то подобные переносы моделей выглядят отнюдь не тривиальными.

После того как картина мира стимулировала выбор определенных типов объектов и их отношений для создания гипотетической модели, экспериментальные ситуации корректируют и уточняют гипотезу (например, представление о возникновении в проводнике э. д. с. индукции является результатом подобного типа корректировки). Но только одни эксперименты не могут определить выбор теоретических средств для построения гипотетических моделей в науке.

Итак, можно заключить, что построение теоретической схемы на стадии гипотезы в классической науке начиналось с картины мира, которая помогала поставить задачу исследования и указывала средства ее решения.

Вводя общие представления о структуре природных взаимодействий, картина мира тем самым указывает, какие области науки имеют сходные предметы исследования. Так возникает “подсказка”, откуда транслировать абстрактные объекты как строительный материал для будущих теоретических схем. В то же время картина мира помогает отыскать и предварительную сетку отношений, структуру, с которой должны быть соединены такие объекты. Средством для переноса указанной структуры служит использование теоретических схем одной области в качестве аналоговых моделей для другой области исследования.

В рассмотренных выше случаях такая структура вводилась в форме наглядного представления о связях, которым должны удовлетворять абстрактные объекты новой области знаний, подставляемые вместо прежних элементов в аналоговую модель. Это, например, представление о движении материальных точек вокруг центрального тела, введенное в небесной механике и использованное при построении планетарной модели атома; или картина движения магнитных силовых линий, пересекающих тела, которую Фарадей экстраполировал из области магнитостатики на область явлений электромагнитной индукции (для создания гипотетической схемы электромагнитной индукции достаточно было подставить в аналоговую модель, заимствованную из магнитостатики, вместо конструкта “тело вообще” новый абстрактный объект — “проводящее вещество, в котором возникает индукционная э. д. с.”).

В обоих приведенных примерах структура, в которую должны быть “погружены” абстрактные объекты создаваемой теоретической схемы, выражалась в виде наглядного образа корреляций между элементами аналоговой модели и фиксировалась посредством содержательных описаний типа: “материальные точки вращаются вокруг притягивающего центра”, “силовые линии пересекают тела” и т. д.

Но в принципе эта же структура (“сетка отношений”) может быть представлена и в форме математических зависимостей. Тогда ее перенесение на новую область означает применение в этой области соответствующих математических средств (уравнений, которые призваны связать новые теоретические конструкты). Такая переброска уравнений осуществляется по уже описанному рецепту. Картина мира помогает определить, какие теоретические схемы сложившихся областей знания могут быть использованы в функции аналоговых моделей по отношению к новому предмету исследования. Тогда уравнения, связанные с такими аналоговыми моделями, переносятся в новую область знаний и соединяются там с новыми абстрактными объектами, из которых строятся гипотетические варианты будущих

теоретических схем. Так, уравнения, применяемые для описания конфигурации небесных тел в механике, были использованы Нагаока вместе с планетарной моделью при описании и объяснении строения атома. Нагаока использовал их как средство расчета при решении проблемы стабильности атома, применяя также и некоторые уравнения электродинамики (использование последних было необходимо в силу того, что исходные абстрактные объекты модели заимствовались из электродинамики).

В классической физике использование математических средств в теоретическом исследовании обязательно было связано с предварительным построением содержательно выраженной теоретической модели, хотя бы в форме гипотетической конструкции. Часто процесс соединения такой модели с уравнениями мог быть отделен во времени от ее первоначального построения (примером тому могут служить созданные Фарадеем теоретические схемы электромагнитной и электростатической индукции). В таком случае гипотетическая модель предварительно проходила этап эмпирического обоснования и превращалась в теоретическую схему, которая обеспечивала объяснение и предсказание фактов на основе качественного закона (типа фарадеевского закона индукции). Но затем наступал этап поиска количественной, математической формулировки этого закона. Он заканчивался введением соответствующего уравнения, по отношению к которому теоретическая схема представляла как его интерпретация.

Важно, однако, отметить, что соединение готовой теоретической схемы с уравнениями чаще всего сопровождается изменением самой схемы. Уравнения, применяемые в качестве средств теоретического описания, часто вводят новые отношения между абстрактными объектами теоретической схемы, что требует наделить такие объекты новыми свойствами. Например, к ряду изменений в фарадеевских схемах электростатической и электромагнитной индукции привело произведенное Максвеллом соединение этих схем с уравнениями Эйлера (ниже, когда речь пойдет о построении Максвеллом развитой теории электромагнетизма, мы подробно остановимся на этих изменениях).

Эту же особенность теоретического поиска можно проследить и на других исторических примерах. Чтобы выяснить более конкретно, каким образом происходит изменение уже обоснованной опытом теоретической схемы под влиянием вносимого в теорию математического аппарата, разберем в качестве одного из таких примеров ситуацию, возникшую в электростатике в связи с формулировкой знаменитого закона Кулона.

В период, непосредственно предшествующий этому открытию, в электростатике была создана система теоретических представлений о взаимодействии заряженных тел. Первоначально эти представления были выражены в виде наглядной теоретической модели, объясняющей процессы притяжения и отталкивания наэлектризованных тел. Такая модель была создана усилиями Эпинуса, Кевендиша, Пристли и самого Кулона и требовала рассматривать взаимодействие тел, содержащих электричество, как процесс передачи в пространстве сил, которые возникают при воздействии друг на друга двух типов “электрического флюида” (положительного и отрицательного). Каждому такому флюиду приписывалось свойство концентрироваться в телах. В зависимости от плотности концентрации происходило ослабление или усиление сил взаимодействия между телами, содержащими “электрический флюид”.

Таким образом, теоретическая схема электростатических взаимодействий тел, построенная Эпинусом, Кевендишем, Пристли и Кулоном, вводила абстрактные объекты “плотности электрического флюида” и “силы”, действующие между “электрическими флюидами”.

Корреляции между указанными абстрактными объектами характеризовались следующим образом: считалось, что два одинаковых флюида, содержащиеся в телах, отталкиваются, а два разноименных — притягиваются с силой, прямо пропорциональной их плотности в телах и обратно пропорциональной расстоянию между телами. Эта характеристика соответствовала качественному выражению закона электростатического взаимодействия наэлектризованных тел. Поиск количественной формулировки закона потребовал найти точное математическое выражение зависимости между плотностями флюида в телах, расстоянием между ними и величиной действующих сил. Пристли и Кевендишем была высказана гипотеза о том, что характер этой зависимости тот же, что и у взаимодействия между точечными тяготеющими массами ньютоновской механики[25]. Кулон, приняв эту гипотезу, установил позднее ее справедливость в экспериментах с крутильными весами[26]. Следует отметить, что, как только эта гипотеза была принята, соединение уравнения для взаимодействия тяготеющих масс с моделью взаимодействия “электрических флюидов” сразу же трансформировало последнюю. Это видно хотя бы из кулоновских формулировок законов для заряженных тел. Они выражаются уже не в терминах плотности электрического флюида в протяженных телах, а в терминах “бесконечно малых частиц” такого флюида, его плотностей в точках[27]. Последнее означает, что вместе с гипотетическим уравнением для взаимодействия зарядов была введена и новая теоретическая схема, в которой появились такие абстрактные объекты, как точечные заряды (“плотности электрического флюида в точке”). Обоснование Кулоном справедливости указанных гипотез привело к открытию знаменитого закона электростатики[28].

Таким образом, процедура математизации теоретических знаний нередко приводит к изменениям первоначально введенных теоретических схем. Однако в силу таких изменений они из ранга доказанных и обоснованных теоретических схем вновь переводятся в ранг гипотетических конструкций, которые нуждаются в обосновании. Поэтому в классической физике можно говорить о двух стадиях построения частных теоретических схем как гипотез: стадии их конструирования в качестве содержательно-физических моделей некоторой области взаимодействий и стадии возможной перестройки теоретических моделей в процессе их соединения с математическим аппаратом.

На высших ступенях развития теоретических знаний эти два аспекта гипотезы сливаются. Но на ранних этапах эволюции физики, когда только начинали формироваться теоретические знания о новых областях явлений, эти два аспекта построения гипотетических вариантов теоретической схемы могли быть разделены.

Важно, однако, что в обоих случаях этап выдвижения гипотез протекает по общим законам. Даже тогда, когда речь идет о перестройке теоретической схемы под влиянием математических средств, познавательное движение воспроизводит все основные черты, свойственные процессу формирования гипотетической модели. На этом этапе математические средства переносятся в новую область с помощью аналоговых моделей (весь этот процесс выбора и использования аналогий целенаправляет физическая картина мира).

Несколько ниже мы покажем, как протекал этот процесс применительно к теоретическим схемам электромагнитной и электростатической индукции, созданных Фарадеем. Пока же отметим, что у Максвелла средством соединения теоретических схем электростатической и электромагнитной индукции с уравнениями служили аналоговые гидродинамические модели, которые позволили перенести уравнения гидродинамики в новую область знаний. Что же касается самого основания для аналогии между процессами гидродинамики и областью электрических и магнитных взаимодействий, то оно коренилось в принятой Максвеллом фарадеевской картине физической реальности. Последняя, как показано

выше, изображала взаимодействие в виде непрерывного изменения сил в пространстве, а поэтому легко позволяла увидеть аналогию между механикой сплошных сред и электромагнетизмом.

Точно так же перенос уравнения Ньютона для тяготеющих масс на область электростатических взаимодействий при выводе закона Кулона был обусловлен применением аналоговой модели точечных масс, связанных силами тяготения, к ситуации с заряженными телами. Сама же аналогия такого типа была возможна только благодаря тому, что после Франклина под влиянием экспериментальных и теоретических успехов “физики электричества и магнетизма” Эпинусом, Саймером, Пристли была разработана картина физической реальности, которая была модифицированным вариантом ньютоновской картины мира. Она предполагала, что количество материи, характеризующее массу ньютоновских корпускул, может соединяться с некоторым количеством материи невесомого электрического флюида и что наряду с механическими силами в природе действуют электрические и магнитные силы, которые мгновенно передаются от одного тела к другому в абсолютном пространстве.

Из сказанного видно, что физические картины мира, участвуя в формировании теоретических схем на уровне их выдвижения как гипотез, определяют стратегию теоретического поиска. Они ориентируют исследователя, в какой области знаний физики он может заимствовать исходные абстрактные объекты для построения новых теоретических схем, и помогают найти сеть связей таких объектов, выражаемую как в содержательной форме, так и в виде математических зависимостей, которые могут служить математическим аппаратом будущей теории. Поэтому, если исследователь выбрал картину мира, то он тем самым выбрал программу будущего теоретического движения, глобальную стратегию теоретического поиска.

Эвристическая роль картин мира в процессе формирования теоретических знаний не раз отмечалась в философской и историко-физической литературе. На наш взгляд, наиболее полно этот анализ проделан в отечественных исследованиях. Вышеизложенные рассуждения претендуют на продолжение и конкретизацию таких исследований применительно к проблеме механизмов формирования гипотетических моделей, лежащих в основании научной теории.

В зарубежной логико-философской литературе, посвященной проблемам эпистемологии, долгое время под влиянием позитивистской традиции при анализе процесса формирования теории исключалась сама постановка вопроса о роли в этом процессе картин мира. Во многом именно с этим был связан отказ от рационального анализа процесса научного открытия. Считалось, что сам акт выдвижения гипотезы является только продуктом смелой догадки исследователя (и дело психолога, а не логика разбирать основания такой догадки)[\[29\]](#).

Некоторый поворот в отношении “философии науки” к проблемам, которые ранее квалифицировались как “бесмысленная метафизика”, произошел в постпозитивистский период западной философии науки (Т. Кун, С. Тулмин, П. Фейерабенд, М. Поляни, И. Лакатос и др.).

Однако недостаточно дифференцированное описание структуры теоретических знаний не позволило им четко различить такие его компоненты, как картина мира и теоретическая модель. Выше уже отмечалось, что основные понятия в концепциях Куна, Лакатоса, Тулмина и других, а именно понятия “парадигмы”, “исследовательской программы”, “рациональных идей относительно регулярного порядка Природы” употребляются весьма неоднозначно.

Если бы, например, Лакатос более дифференцированно рассматривал структуру научного знания, то уже в рамках его концепции можно было бы конкретизировать идею различных типов исследовательских программ, которые отличаются по

широте охвата явлений и формам их обобщения. Картина мира выступила бы как ядро глобальной исследовательской программы, относительно которой формируются более локальные исследовательские программы, обладающие своим ядром и своим “предохранительным поясом защищающих гипотез”. Но поскольку у Лакатоса подобной классификации исследовательских программ не было выработано, а лишь намечен общий подход, постольку сам термин “исследовательская программа”, обозначая разнородные компоненты науки, не вносит ясности в их соотношение и взаимодействие. В свою очередь, это не позволяет исследовать конкретные механизмы такого взаимодействия и выявить конкретные процедуры выдвижения научной гипотезы. Та же ограниченность присуща исследованиям Куна, Тулмина и других представителей постпозитивизма.

Существует, однако, один аспект, который особо подчеркнут у Лакатоса и Куна и который следует отнести к достоинствам их концепций: это — идея борьбы исследовательских программ (наличия нескольких парадигм, по терминологии Куна), которые характеризуют развитие научного знания. Применительно к естественнонаучным картинам мира, как определителям стратегии теоретического поиска, данное положение означает, что на одном и том же этапе эволюции науки могут соперничать несколько вариантов картины мира. Последнее, по-видимому, особенно характерно для стадии становления частных теоретических схем, которые еще не синтезированы в единой развитой теории и отражают отдельные существенные черты и аспекты новой области взаимодействий. Так, из истории классической электродинамики отчетливо видно, как примерно в один период складываются два альтернативных подхода к анализу электромагнитных взаимодействий: картина мира, предполагающая описание взаимодействий природы с позиций мгновенной передачи сил по прямой в пустоте (развиваемая в электродинамике Эпинусом, Пристли, Кулоном, Ампером, Вебером), и картина мира, базирующаяся на представлении о “кривых линиях сил”, заполняющих пространство между телами (Эрстед, Воллостон, Фарадей, Максвелл). Аналогичным образом можно выделить конкурирующие картины мира, определившие борьбу картезианского и ньютоновского направлений в механике.

Каждая из выдвигаемых в науке физических картин мира проходила длительную эволюцию, изменяясь и уточняясь под воздействием все новых результатов теории и эксперимента, которые она генерировала.

Исследователь, приступая к решению тех или иных задач, уже самим их выбором неявно выбирает и картину мира. В этом смысле Кун прав, когда отмечает, что выбор парадигмы определяет выбор научных проблем. Различие в картинах мира, принятых разными научными направлениями, способно породить и различие в выдвигаемых ими проблемах. Как подчеркивает Кун, “парадигма одного научного сообщества” может даже исключить постановку задач, которые считаются главными для другого сообщества. Похожую мысль, но сформулированную в терминах “методологии исследовательских программ”, можно найти у Лакатоса, который указывает, что ядро программы обеспечивает положительную и отрицательную эвристику, т. е. определяет круг главных проблем и методов исследования и в то же время может запретить постановку ряда других проблем, как не имеющих смысла в рамках исследовательской программы.

В этом есть доля истины. Понятно, например, что для сторонников амперовского направления в электродинамике не имела смысла главная проблема фарадеевского направления — исследовать формы линий электрических и магнитных сил в пространстве и характер их изменения во времени. Конечно, несовместимость задач двух различных направлений исследований, в основе которых лежат различные картины физической реальности, никогда не бывает абсолютной (эту сторону вопроса Кун недостаточно учитывает, излишне преувеличивая несовместимость

постановки исследовательских проблем в рамках различных парадигм). Принимая во внимание то, что конкурирующие теории должны объяснять некоторую общую для них совокупность экспериментальных фактов, даже у альтернативных направлений исследований будут существовать общие исследовательские проблемы. Однако сам подход к их решению будет различным, и в этом смысле вполне правомерно считать, что ядро исследовательской проблематики и саму форму постановки теоретических задач во многом определяет картина мира. Выбор исследователем картины мира позволяет не только установить круг теоретических задач, но и помогает отыскать определенные средства их решения. В теоретических исследованиях в качестве таких средств выступают некоторые типы абстрактных объектов, уже накопленные предшествующим развитием науки, и математические аппараты, сформировавшиеся в определенных областях научного знания. Картина мира ориентирует исследователя на использование этих средств, что является необходимым условием выдвижения новых гипотез.

Иногда для конструирования новых теоретических схем на стадии их формирования в качестве гипотез исследователю достаточно использовать уже сложившуюся в науке картину мира. Так, например, обстоит дело с ситуацией открытия Кулоном теоретического закона, описывающего взаимодействие зарядов. Гипотеза о бесконечно малых флюидах возникла без каких-либо существенных предварительных корректив в картине мира, развитой Эпинусом, Саймером и Пристли. Но часто при создании новых теорий приходится вносить изменения в ранее сложившиеся картины физической реальности и, опираясь на перестроенную картину, выдвигать новые гипотетические модели объясняемых явлений. Так поступал, например, Галилей, разрабатывая теоретические схемы равномерного прямолинейного движения, свободного падения тел, движения по наклонной плоскости и т. д. Аналогичным образом действовал Фарадей при теоретическом объяснении опытов Эрстеда, а затем явлений электромагнитной и электростатической индукции. Для того чтобы создать гипотетические схемы, призванные объяснить соответствующие эксперименты, Фарадей должен был предварительно выдвинуть новое представление о пространстве между телами, предположив, что оно заполнено “кривыми электрических и магнитных сил”. Само же это представление уже вносило радикальные изменения в физическую картину мира. Изменения такого типа всегда являются достаточно революционным шагом и требуют привлечения философских идей, обеспечивающих особое рассмотрение существующего эмпирического и теоретического материала. Импульсом к таким изменениям обычно служат неожиданные, с точки зрения прежних представлений о природе, экспериментальные факты и теоретические выводы (например, в разработке фарадеевской картины мира важную роль сыграло открытие Эрстедом “вращательного воздействия” тока на магнитную стрелку и обнаружение самим Фарадеем вращения магнитной стрелки под действием магнитных сил, порождаемых током; это натолкнуло на мысль о вихревом характере магнитных сил).

Но само осмысление таких фактов и выводов — весьма тонкий вопрос, в решении которого участвуют философские идеи и многочисленные факторы социокультурной детерминации познания. Поскольку картина мира служит своеобразным мостиком между генерированной ею “популяцией” теоретических знаний и культурой, в которую должны быть вписаны эти знания, постольку в становлении картины мира так или иначе участвуют ценностные факторы. В определенном смысле можно считать, что такие факторы оказывают воздействие и на процесс формирования гипотетических моделей науки.

Однако если абстрагироваться от моментов психологии творчества и рассмотреть только логику открытия, то воздействие ценностных факторов на

выдвижение конкретно-научных гипотез всегда предстает как опосредованное картиной мира. Последнее обстоятельство позволяет выделить в проблеме формирования гипотезы два аспекта: 1) анализ механизмов изменения в картине мира (здесь следует учитывать воздействие отображаемых на нее эмпирических и теоретических знаний, с одной стороны, и воздействие философских идей и ряда социокультурных факторов, с другой); 2) анализ механизмов воздействия картины мира на формирование теоретических моделей.

В исследовательской практике эти аспекты взаимосвязаны, и подчас складывается впечатление, что все указанные стороны процесса открытия как бы склеены друг с другом. Но в анализе эти стороны необходимо различать.

Часто такое различие бывает затруднено тем, что исследователь, внося довольно-таки существенные изменения в сложившуюся картину физической реальности, не описывает их, а иногда и не осмысливает как глобальное изменение стратегии теоретического поиска (хотя они, в сущности, являются таковыми).

Новые представления о системной организации изучаемых наукой процессов природы, которые непосредственно предшествуют выдвижению конкретно-научной гипотезы, могут быть введены имплицитно как результат выдвижения нового физического принципа. Так, фарадеевская идея пространства, заполненного изменяющимися линиями сил, предлагалась вначале как физический принцип, относящийся только к электрическим и магнитным силам. Но по текстам фарадеевских “Экспериментальных исследований по электричеству” нетрудно установить, что этот принцип у самого Фарадея осмысливался через представление о пространстве, непрерывно заполненном материей, в которой есть тела как центры сил и в которой силы передаются от точки к точке. Это была новая картина природы (в буквальном смысле этого слова), вводящая представление о полях сил как особой реальности [30]. Возможно, вначале она не имела столь четкого выражения, которое приобрела после экспериментальных и теоретических исследований Фарадея, доказавших реальное существование электрических и магнитных силовых линий. Но в общем виде она, несомненно, выдвигалась Фарадеем с самого начала (следует учесть, что у Эрстеда, на идеи которого опирался Фарадей, уже можно найти похожие представления о пространстве как арене “конфликта сил”).

Причины, по которым исследователь не “обнаружает” первичные формы картин мира, коренятся в том, что вначале эти картины выступают только как предварительные образы физической реальности, которые еще мало имеют подтверждающих экспериментальных и теоретических результатов. В какой-то мере они, конечно, должны опираться на экспериментальные факты и теоретические обобщения предшествующего периода развития науки. Ведь само их возникновение обязано рассмотрению с новых позиций того эмпирического и теоретического материала, который выглядел аномалией по отношению к ранее принятой физической картине мира или вызывал трудности при его согласовании с указанной картиной. Однако ассимилировать уже известные факты еще недостаточно, чтобы утвердиться в науке в статусе новой картины физической реальности. Все зависит от того, насколько генерированные новой картиной мира эксперименты и теоретические гипотезы дадут плодотворные результаты, а отчасти и от того, насколько успешно новая картина физической реальности сможет ассимилировать результаты, полученные в рамках конкурирующих с ней исследовательских направлений.

Если картина мира проходит все эти испытания, то она из зародышевой стадии переходит в зрелое состояние. На этом этапе она открыто пропагандируется исследователями и принимается в качестве общей схемы видения исследовательских ситуаций, или, выражаясь языком Т.Куна, становится “парадигмой”, принятой широким научным сообществом.

Но не всем предварительно выдвинутым картинам мира уготована такая судьба. Многие из них оказываются непродуктивными и гибнут, не выходя из эмбрионального состояния. Поэтому исследователь, сформулировав для себя новую систему представлений о физической реальности, не спешит ее выдвинуть в качестве картины мира до тех пор, пока на ее основе не будет развернута серия гипотез, которые пройдут обоснование опытом и, превратясь в теорию, не предскажут новые, ранее неизвестные факты. Именно поэтому бывает трудно выявить картину мира как основу определенного направления исследований.

Однако с принципиальной точки зрения важно, что она существует и что само выдвижение гипотез на этой стадии не обходится без картины мира. Ее функции в начальной фазе исследований заключаются в том, что она целенаправляет построение гипотетических моделей, подсказывая, из каких областей уже сложившегося знания черпать их абстрактные объекты и структуру, в которую они должны быть погружены.

Обоснование гипотезы и превращение ее в теоретическую модель объекта

Гипотетические модели обретают статус теоретических представлений о некоторой области взаимодействий только тогда, когда пройдут через процедуры эмпирического обоснования. Это особый этап построения теоретической схемы, на котором доказывается, что ее первоначальный гипотетический вариант может предстать как идеализированное изображение структуры именно тех экспериментально-измерительных ситуаций, в рамках которых выявляются особенности изучаемых в теории взаимодействий.

На наш взгляд, в исследованиях по методологии науки не обращают достаточного внимания на эту сторону дела и ограничиваются простой констатацией того факта, что вводимая теоретическая модель принимается за изображение структуры исследуемого объекта в том случае, если выведенные в ее рамках предсказания эмпирических зависимостей согласуются с зависимостями, полученными на базе реального эксперимента.

Данное утверждение, конечно, не содержит принципиально ничего неверного, однако в силу своего чисто описательного характера оно не указывает путей к объяснению предсказательных функций теоретической схемы и не вскрывает объективных истоков ее содержания.

При конструировании ее гипотетического варианта исследователь наделял абстрактные объекты, которые использовал в качестве исходного материала для построения теоретической схемы, новыми гипотетическими признаками.

Теоретический закон, выражающий связь между указанными гипотетическими признаками абстрактных объектов, на этом этапе тоже является гипотезой. На первый взгляд кажется, что его легко можно обосновать, проверив в экспериментах предсказания, полученные на основе закона. В действительности же такое обоснование — отнюдь не простая процедура.

Рассмотрим с этой точки зрения конкретную ситуацию обоснования гипотетически введенного закона, имевшую место в реальной истории науки. Обратимся к тому периоду развития электростатики, когда Кулон проверял в опыте справедливость гипотетически введенного уравнения для взаимодействия наэлектризованных тел.

Хорошо известно, что в опытах с крутильными весами Кулон получил эмпирическую зависимость, которая совпадала с гипотетическим законом для зарядов (еще раз подчеркнем, что Кулон не выводил своего закона только из экспериментов; приступая к эксперименту с крутильными весами, он уже имел гипотезу, которую проверял опытными фактами). Но переход от гипотетического уравнения к его проверке в эксперименте был не простым шагом.

В опыте Кулон оперировал с объемными шарообразными наэлектризованными телами. Закон же Кулона, введенный в качестве гипотезы вместе с моделью взаимодействия зарядов, был сформулирован не для протяженных тел, а для точечных зарядов (мы будем употреблять современный термин “заряд” вместо кулоновского “порция электрического флюида заданной плотности”, учитывая, что смысл этих терминов идентичен). И, строго говоря, было неясно, можно ли переходить от величины точечного заряда к величине заряда, распределенного по объему некоторого тела. Иными словами, для того чтобы проверять гипотетический закон, нужно было иметь рецептуру связи между ним и величинами, измеряемыми в опыте. А этой-то рецептуры у Кулона вначале не было. Чтобы получить ее, нужно было доказать, что гипотетическое свойство заряда “быть точечным” не противоречит тем характеристикам взаимодействия заряженных тел, которые были выявлены в реальных экспериментах электростатики. Доказательство такого рода состояло во введении точечного заряда как идеализации, опирающейся на реальные эксперименты электростатики. Из экспериментов было известно, что заряд распределяется по поверхности тела. Далее было доказано, что в разных по объему телах можно сконцентрировать заряд одинаковой плотности, а в одном и том же теле — заряды разной плотности. Опираясь на эти свойства, можно было осуществить следующий мысленный эксперимент: мысленно уменьшая объем тела, сохранять в нем заряд одной и той же плотности и в пределе перейти к бесконечно малому объему заряда.

Таким образом, гипотетическая модель взаимодействия точечных зарядов оказывалась обоснованной в качестве идеализированной схемы реальных опытов. Из этого обоснования как раз и следовал рецепт связи между величиной точечного заряда и величиной заряда, распределенного по объему тела. Получалось, что если выбрать достаточно малое шарообразное заряженное тело, то оно должно взаимодействовать с другим заряженным телом так, будто их заряды расположены в центре тел. Значит, в опыте можно было проверять взаимодействие тел, заряженных некоторым количеством электричества, измеряя расстояние между центрами тел, и изучать, как меняется электрическая сила в зависимости от расстояния.

Из сказанного видно, что процедура обоснования гипотетически введенной модели предполагает особую проверку признаков, которыми были наделены ее абстрактные объекты. Эти объекты как бы заново “выстраиваются” путем идеализации реальных экспериментов, для объяснения и предсказания которых предназначалась модель. После этого гипотетическая модель предстает в качестве идеализированной схемы реальных экспериментально-измерительных ситуаций той области взаимодействий, на объяснение которой она претендует. Такое обоснование превращает гипотетическую модель в теоретическую схему данных взаимодействий.

Можно в общем виде сформулировать основные требования, которым должно удовлетворять обоснование гипотетической модели. Предположив, что она применима к новой, еще не освоенной теоретически, предметной области, исследователь тем самым допускает: во-первых, что гипотетические признаки абстрактных объектов модели могут быть сопоставлены с некоторыми отношениями предметов экспериментальных ситуаций именно той области, на объяснение которой претендует модель; во-вторых, что такие признаки совместимы с другими определяющими характеристиками абстрактных объектов, которые были обоснованы предшествующим развитием познания и практики. Правомерность таких допущений следует доказывать специально. Это доказательство производится путем введения абстрактных объектов как идеализаций, опирающихся на новый опыт. Гипотетически введенные признаки абстрактных объектов получают в рамках мысленных экспериментов, соответствующих особенностям тех реальных

экспериментально-измерительных ситуаций, которые призвана объяснить вводимая теоретическая модель. После этого проверяют, согласуются ли новые свойства абстрактных объектов с теми, которые оправданы предшествующим опытом.

В этом процессе обоснования модели автоматически создаются операциональные определения тех основных физических величин, которые фигурируют в формулировке теоретического закона. Операциональные определения предстают как описания идеализированного эксперимента и измерения, в рамках которых вводится соответствующая величина, и описание способов построения соответствующего идеализированного эксперимента на базе тех реальных экспериментов и измерений, которые обобщает теория. Таким путем достигается связь физических величин, введенных в уравнения теории, с опытом в теории появляется рецептура этой связи, создаются правила соответствия.

Весь этот комплекс операций, обеспечивающий обоснование признаков абстрактных объектов теоретической модели опытом, будем называть *конструктивным введением абстрактных объектов*, а теоретическую схему, удовлетворяющую описанным процедурам — *конструктивно обоснованной*.

Поскольку при построении модели как гипотезы всегда происходит наделение исходных объектов новыми признаками, конструктивное введение этих объектов обязательно даже тогда, когда, казалось бы, гипотетическая модель просто и наглядно сопоставляется с соответствующими экспериментальными ситуациями.

Никакая внешняя наглядность и очевидность модели не гарантирует того, что гипотетические признаки ее абстрактных объектов имеют основание в опыте. Наглядность и очевидность могут быть связаны с тем, что эти признаки ассоциируются с экспериментами других областей знания — тех, откуда заимствовался каждый такой объект на гипотетической стадии построения модели. Но модель предназначена для объяснения новой области взаимодействий, и ее нужно обосновать как идеализированную схему именно тех экспериментов, которые относятся к новой области. Поэтому даже в относительно простых ситуациях исследователь обязан доказывать, что каждый гипотетический признак абстрактных объектов вводимой теоретической модели может быть получен за счет идеализаций, опирающихся на объясняемые данной моделью опыты.

С этой точки зрения весьма характерным примером может служить деятельность Фарадея по обоснованию созданной им теоретической схемы электромагнитной индукции. На первый взгляд кажется, что эта схема весьма просто проецировалась на эксперименты по изучению электромагнитной индукции. Однако внимательный анализ обнаруживает, что здесь возникали довольно-таки непростые проблемы.

Как уже отмечалось, абстрактные объекты “проводящее вещество” и “магнитные силовые линии” при построении модели электромагнитной индукции были перенесены из области знаний о токе проводимости и магнитостатике. Когда эти объекты были соединены в рамках модели электромагнитной индукции, они были подвергнуты перестройке. Конструкт “проводящее вещество” ранее определялся по ряду признаков, связанных протеканием тока в проводнике (сила тока, напряжение, сопротивление). Но в модели индукции он должен был определяться еще и по признаку возникновения в нем э. д. с. индукции. Аналогичным образом объект “силовая линия” определялся в магнитостатике по признаку “ориентировать определенным образом пробный магнит”. Перенесение же его в модель индукции потребовало определить этот объект также и через свойство “порождать в проводнике э. д. с.”. Важным моментом всей этой деятельности было то, что присоединение нового признака к каждому из отмеченных абстрактных объектов одновременно предполагало сохранение и их прежних признаков — свойства проводящего вещества “быть проводником” и свойства силовой линии “репрезентировать величину и направление магнитной силы”. Но если эти признаки

были обоснованы по отношению к опытам с током проводимости и взаимодействию магнитов в магнитостатике, то по отношению к опытам по изучению электромагнитной индукции они обоснованы не были. В новой модели они становились гипотетическими признаками, правомерность введения которых приходилось специально доказывать.

В текстах Фарадея отчетливо обнаруживаются следы такого доказательства. Так, объясняя явление электромагнитной индукции действием силовых линий на проводник, Фарадей ввел новое определение силовой линии через ее отношение к проводнику, в котором может индуцироваться ток. Магнитная силовая линия характеризуется уже тем, что если поставленная “поперек нее проволока двигалась бы вдоль в любом направлении, в ней не было бы стремления к индукции, тогда как при движении в любом другом направлении такое стремление имело бы место”[\[31\]](#). Это определение представляет собой описание особой процедуры мысленного эксперимента, опирающегося на реальную практику, в ходе которого доказывалось, что объект “магнитная силовая линия” может быть введен по признаку “индуцировать в проводнике ток” без разрушения всех остальных определяющих его существенных свойств. На первый взгляд такого рода доказательство представляется излишним, поскольку прямой эксперимент убеждает, что “магнитная сила” не меняет своей природы при проведении опытов по электромагнитной индукции, что легко устанавливается при простом перенесении магнита из одной экспериментальной ситуации в другую. Тем не менее Фарадей специально проводит описанное доказательство, учитывая, что на уровне теоретического описания силовые линии выступают в качестве идеализированного объекта. Они рассматриваются как относительно независимые от характера источника магнетизма “самостоятельные сущности”, помеченные как носители некоторых абстрагированных из реальности свойств. На этом уровне перенос объектов одной модели в другую вовсе не доказывает их тождественности. Необходимо обосновать это положение, построив соответствующий абстрактный объект в системе мысленного эксперимента, с обязательным условием, что последний будет проецироваться на экспериментальный базис, который подлежит обобщению в рамках создаваемой теоретической схемы. Только после этого перенесенный из других областей знания абстрактный объект “магнитная силовая линия” перестает быть чужеродным по отношению к структуре экспериментальной практики, обобщаемой в модели индукции. Теперь он органически входит в качестве элемента в эту модель.

Аналогичным способом происходит обоснование абстрактного объекта “проводящее вещество”, когда доказывается, что он способен включить в качестве одного из определяющих признаков “стремление к индукции”, не разрушая при этом других своих основных характеристик (“способность быть проводником”).

Такое доказательство производилось наиболее простым способом, поскольку в опытах по изучению электромагнитной индукции с самого начала проводники использовались по признаку возникновения в них “тока проводимости”, вызванного определенным воздействием на проводник источника магнетизма.

Только после проведения всех этих доказательств введенная Фарадеем гипотетическая схема электромагнитной индукции превращается в теоретическую модель.

Таким образом, выявляется важная закономерность в построении теоретических схем: после того как они введены в качестве гипотез, их адаптируют в реальной экспериментально-измерительной практике, результаты которой схема должна объяснять и предсказывать. Средством такой адаптации является конструктивное обоснование теоретической схемы.

Отметим, что сама процедура такого обоснования протекает как процесс оперирования объектами эмпирических схем реальных экспериментов и измерений. Эмпирические схемы, замещая реальные эксперименты и измерения, фиксируют в форме особых абстракций (эмпирических объектов) реальные свойства и отношения предметов, взаимодействующих в опыте. Используя эти абстракции, можно оперировать в мысленном эксперименте с признаками и отношениями реальных предметов экспериментально-измерительных ситуаций. Поэтому, когда происходит построение абстрактных объектов теоретической схемы путем идеализации реального опыта, все мысленные операции совершаются с объектами эмпирических схем. В этом смысле частные теоретические схемы адаптируются к реальной экспериментальной практике через посредство ее эмпирических схем.

Конструктивное обоснование теоретической схемы обеспечивает ее связь с опытом и внутреннюю согласованность всех определяющих признаков ее абстрактных объектов. Как отмечено выше, за счет конструктивного введения объекта “силовая линия” Фарадей доказал, что ее признаки “быть источником э. д. с.” и “указывать направление магнитной силы” могут быть совмещены в одном описании и не противоречат друг другу.

Однако если все объекты гипотетической модели не прошли через процедуру конструктивного введения, то всегда существует опасность, что модель будет приводить к противоречиям теории, поскольку в ней могут быть объекты, наделенные взаимоисключающими признаками. Возможность появления таких признаков легко объяснима, поскольку при построении теоретической схемы в качестве гипотезы ее абстрактные объекты переносятся из других областей знания и, сохраняя прежние признаки, наделяются дополнительными свойствами, которые соответствуют новой сети их отношений. В этом процессе может быть задана структура, изображающая новый объект исследования. Но может произойти и разрушение абстрактных объектов, когда один, определяющий их признак будет исключать другой, также определяющий.

В качестве примера сошлемся на известные факты, связанные с применением неконструктивного объекта в модели атома Резерфорда.

Резерфордовская модель была призвана объяснить результаты опытов по рассеянию α -частиц на атоме и выступала в первую очередь как аккумуляция структуры этих опытов. Вместе с тем она претендовала и на обобщение всех других экспериментов атомной физики, так или иначе выявлявших структуру атома.

В качестве предварительной гипотетической модели Резерфорд использовал введенную ранее планетарную модель атома. Но он придал этой модели принципиально новый статус за счет обоснования ее главного гипотетического элемента — положительного заряда в центре атома. Резерфорд ввел его конструктивно, опираясь на опыты с α -частицами. Он определил ядро по признаку “рассеивать α -частицы” и за счет идеализаций реальных опытов показал, что положительно заряженное ядро атома является центром потенциальных отталкивающих сил. В этом был главный сдвиг в развитии теоретических моделей строения атома, осуществленный благодаря деятельности Резерфорда. Тем не менее в модели Резерфорда сохранился теоретический объект, не имеющий конструктивного статуса. Признак электрона “двигаться по орбите”, введенный гипотетически для того, чтобы соединить этот объект с другими элементами планетарной модели, не был обоснован ни в одной системе процедур, опирающихся на реальную практику атомных экспериментов. Но этот признак как раз и был несовместим с другими, также определяющими характеристиками электрона. Известный парадокс излучающего заряда показывал, что электрон не может быть определен по признаку “стабильно двигаться вокруг ядра”, ибо это противоречило другому его определяющему признаку “быть элементарным отрицательным зарядом

внутри атома”. Этот парадокс, известный со времен модели Нагаока, сохранился и в модели Резерфорда.

Показательно, что существование в модели атома конструкта с взаимоисключающими признаками нашло выражение в противоречиях внутри системы теоретического знания, относящегося к модели. Здесь возникли два логически взаимоисключающих друг друга высказывания: “атом стабилен” и “атом не стабилен”.

Появление таких противоречий легко объяснимо, если учесть, что система теоретических высказываний развертывает знания о связях и отношениях абстрактных объектов теоретической модели. Поэтому наличие у неконструктивного объекта взаимоисключающих друг друга свойств должно рано или поздно приводить к появлению в системе знания суждений, противоречащих друг другу. Такое противоречие служит своеобразным сигналом несоответствия исходной модели, на базе которой выросла данная система знаний, свойствам реального объекта. В этом, очевидно, кроется причина того мощного регулятивного начала, которое заключается в требовании непротиворечивости системы знания. Обнаружение парадоксов всегда показывает, что структура исследуемого объекта неадекватно представлена в его теоретической схеме, что, в свою очередь, ставит задачу радикальной перестройки последней в новую теоретическую модель. В рассматриваемом случае физикам пришлось перестраивать модель Резерфорда так, чтобы, сохранив идею атомного ядра, устранить неконструктивный элемент — заряд, движущийся по орбите вокруг ядра, заменив его новым абстрактным объектом (электроном, у которого не было бы указанного признака, но вводились другие, обеспечивающие его существование как элементарного отрицательного заряда внутри атома при сохранении стабильности последнего). Эта задача в окончательном виде была решена в рамках квантовой механики.

Таким образом, наличие неконструктивных элементов в теоретических схемах может приводить к парадоксам в теоретических знаниях. При этом выявляется еще один важный аспект процедур конструктивного введения абстрактных объектов. Эти процедуры позволяют разделить конструктивные и неконструктивные элементы в модели и тем самым стимулируют развитие знаний, указывая, в каком направлении нужно перестраивать модель.

Показательно, что одним из импульсов к развитию квантово-механических моделей атома как раз и было стремление локализовать, а затем и элиминировать такой элемент, как “электронная орбита”, сохранив при этом все другие признаки объектов резерфордовской модели, имеющие эмпирический смысл.

Итак, процесс построения теоретической схемы обеспечивается благодаря взаимосвязи двух основных операций: 1) переноса абстрактных объектов из других областей знания и соединения их в новой системе отношений в рамках гипотетической модели; 2) перестройки гипотетической модели и превращения ее в теоретическую схему за счет введения ее абстрактных объектов как идеализаций, опирающихся на новый эмпирический материал (тот, который должна ассимилировать создаваемая теория).

Все эти операции осуществляются как понятийная деятельность исследователя и представляют собой одну из главных познавательных процедур, обеспечивающих развитие научных понятий.

Абстрактные объекты всегда фиксируются в соответствующих понятиях. В этом смысле трансляция и перестройка в рамках новой модели абстрактных объектов эквивалентна перенесению понятий из других областей знания и их переопределению на новой области. Благодаря этому понятие включает все новые определения, в которых все полнее и конкретнее отображаются свойства и

отношения объектов реального мира. В этой связи следует вновь обратиться к проблеме взаимоотношения понятия и абстрактного объекта.

Выше указывалось, что в логике понятие рассматривается как свернутое определение и отождествляется с сингулярной пропозициональной функцией $P(x)$, которая получает значения истинности или ложности в зависимости от того, какие объекты подставляются на место переменной x , то есть, каким объектам приписывается предикат P . Воздействуя на пропозициональную функцию особыми операторами, например λ -оператором (в концепции λ -конверсии Черча), всегда можно выделить абстрактный объект, соответствующий тому или иному понятию. Существует и обратная операция, позволяющая переходить от абстрактного объекта к понятию. Отсюда можно заключить, что обогащение абстрактного объекта новыми признаками приводит к развитию содержания понятий. Отмеченная специфика проявляется еще более отчетливо, если проследить, как функционируют понятия в системе развивающегося знания.

Рассмотрим конкретный пример, связанный с процессом применения понятий в уже разобранном случае построения модели электромагнитной индукции. При переносе из области знаний магнитостатики абстрактного объекта “магнитная силовая линия” было использовано соответствующее понятие, которое фиксировало силовую линию в качестве объекта исследования. Образование этого понятия можно описать в нашей системе анализа следующим образом. Вначале создавалась теоретическая схема, которая представляла в познании существенные характеристики взаимодействия магнитов, выявленные в экспериментах магнитостатики (опытов Эрстеда по ориентации магнитной стрелки проводниками с током, экспериментов Кулона по изучению взаимодействия магнитов, опытов Фарадея по исследованию ориентации железных опилок магнитами и проводниками с током и т. д.). Предметная структура всех этих экспериментов была представлена в идеализированной форме, как взаимодействие идеальной магнитной стрелки с источником магнитной силы. В рамках данной модели фиксировалось следующее отношение: магнитная стрелка, двигаясь в направлении магнитной силы, всегда должна быть ориентирована по касательной к этому направлению. Отображение модели на введенную Фарадеем физическую картину мира позволяло рассмотреть ее как репрезентацию особого предмета исследования (направления магнитных сил). Зафиксированное в модели существенное отношение выступило как определение этого предмета. Таким образом, “направление магнитной силы” было определено через свой существенный признак и охарактеризовано как линия, которую описывает идеальная магнитная стрелка, “если она движется в какую-либо сторону в направлении своей длины так, что все время остается касательной к линии движения”[\[32\]](#). Совершенно отчетливо видно, что предмет исследования определяется через связи, зафиксированные в соответствующей ему теоретической схеме. Поскольку эти связи исчерпывающе характеризовали способ его существования (существенные признаки объекта), постольку в рамках определения, выраженного в форме соответствующего суждения, субъект S оказался тождественным предикату P . Благодаря этому свойству происходило свертывание определения в понятие, обозначаемое некоторым термином теоретического языка (в нашем случае это был термин — “магнитная силовая линия”).

Все эти операции вводили “внутри понятия” своеобразный “план” (метод) построения идеального объекта. Данный план мог быть всегда реализован в том смысле, что понятие можно было развернуть в определение и по нему ввести соответствующий идеальный объект. В этой связи понятие можно охарактеризовать двояким образом: как выявление структуры связей действительности, представленных в форме идеального объекта, и как выражение операций (способов) построения данного объекта. Обе эти стороны понятия — “объектное” содержание и

“операциональная” функция — неразрывно связаны между собой (объект исследования отражается в понятии в форме деятельности). Отметим, что в позитивистской и операционалистской интерпретации понятия вторая его функция отрывается от первой и противопоставляется ей, что не позволяет уяснить природу понятия. Содержащийся в понятии способ построения идеального объекта позволяет использовать последний в функции объекта оперирования, применяя его как средство для создания новых моделей. Если до образования понятия можно было выделить объект, только указав на соответствующую теоретическую схему, то теперь эта схема в своих существенных характеристиках оказалась “свернутой” в понятии. Основные признаки изучаемой предметной области, зафиксированные в понятии, могут быть представлены в форме абстрактного объекта — носителя данных признаков. По этим признакам указанный объект можно восстанавливать, используя понятие в качестве средства изучения новой предметной области. Отсюда видно, что с помощью понятий в процессе теоретического исследования оказывается возможным формировать абстрактные объекты, превращая их из предметов исследования в идеальные объекты оперирования. Благодаря этому объекты, полученные в одной области, могут быть использованы в качестве исходного материала для построения теоретических моделей новой области.

Однако, как уже отмечалось, включение абстрактного объекта в сетку отношений с другими объектами при построении из них гипотетических моделей, как правило требует его трансформации. В первичном своем виде объект обычно не включается в новую систему связей, поэтому его перестраивают, “подгоняя” к условиям нового существования. Конструктивное введение объекта завершает эту перестройку. При этом результаты всех процедур, приведших к появлению у объекта нового характеристического свойства, оформляются в новом определении этого объекта. Так было, например, с введением силовой линии по признаку “возникновения в проводящем веществе э. д. с. индукции”. Если такое введение осуществляется конструктивно, новые признаки объекта включаются в понятие. Таким образом, использование абстрактного объекта, “хранителем” и “транслятором” которого является понятие, в функциях объекта оперирования приводит к переопределениям понятия. Понятие включает в себя все новые определения после каждой операции конструктивной перестройки объекта в новых областях знания. В этом обогащении понятия определениями как раз и состоит развитие его содержания.

Оперирование понятиями в системе теоретического исследования протекает как образование их связей друг с другом и их переопределение в системе этих связей, пока не будет выстроена “категориальная структура”, отображающая изучаемую предметную область. За всем этим, если придерживаться вышеизложенной концепции, стоят операции трансляции и конструктивного введения абстрактных объектов, образующих теоретическую схему, с последующей экспликацией знаний о структуре предметной области, которая отображена в теоретической схеме.

Итак, в процессе понятийной деятельности исследователь создает гипотетический вариант теоретической схемы и осуществляет ее адаптацию к эмпирическому материалу. Эта адаптация и превращает исходную гипотетическую схему в теоретическое объяснение опытных фактов. Хотя теоретическая модель на первом этапе строится как бы “сверху” по отношению к эмпирическим схемам реальной практики и не выводится непосредственно из опыта, в конечном счете она оказывается аккумуляцией реальной практики и репрезентацией соответствующих природных структур, выявленных в рамках практической деятельности.

Отметим, что, разделяя этап построения модели как гипотетической схемы и этап ее обоснования, мы произвели упрощение в целях удобства анализа. В самой же реальной исследовательской деятельности в ходе обоснования модели часто

происходит возвращение к исходному пункту движения, когда выясняется, что модель не может ассимилировать эмпирический материал, а значит, она неудовлетворительна в каких-то элементах. Тогда она перестраивается за счет трансформации своих абстрактных объектов и вновь подвергается проверке. Это движение между слоем теоретического знания и эмпирическим материалом, когда движение в теоретическом слое сменяется движением от него к эмпирическим схемам, а затем вновь от эмпирии к теоретическим объектам, повторяется до тех пор, пока не будет выстроена модель, выражающая структуру реальной практики, на обобщение которой претендует теоретическое знание.

Завершается вся эта деятельность отображением уже обоснованной теоретической схемы на картину мира. В этом процессе теоретическая схема, представленная на этапе ее обоснования в качестве выражения существенных черт экспериментально-измерительной практики, приобретает “онтологический” статус и выступает как образ структуры соответствующих взаимодействий.

В свою очередь, под влиянием созданных теоретических схем происходит конкретизация и развитие картины мира. Теоретические схемы благодаря конструктивному обоснованию приобретают более богатое содержание по сравнению с первоначальной гипотетической моделью (иногда такие модели вообще перестраиваются в этом процессе, что весьма радикально меняет их содержание по сравнению с первоначальным вариантом). Это новое содержание приводит к изменениям в картине мира. Так, под влиянием созданных Фарадеем теоретических схем магнитостатики, электростатической и электромагнитной индукции картина мира, первоначально выражавшая идеи близкодействия в очень абстрактной форме, все больше конкретизирует их и, наконец, вводит представление о поле сил как передаче взаимодействий от точки к точке в заполняющей пространство материальной среде (причем распространяет это представление и на поле тяготения[33]). Это была первая открыто выдвинутая физическая картина природы, в которой представление о поле как особой материи стало играть первостепенную роль.

Не менее показательным фактом обратного воздействия теоретических схем на картину мира являются последствия обоснования Резерфордом идеи ядерного строения атома. Эта идея прочно вошла в картину физической реальности, создаваемую в физике в начале XX века, породив новый круг исследовательских проблем (строение ядра, особенности “материи ядра” и т.д.).

Построение развитой теории в классической науке

Введение теоретических схем в качестве гипотез с их последующим конструктивным обоснованием — главная познавательная процедура в генезисе теоретических знаний. Эта процедура определяет не только процесс становления частных теоретических схем, но и переход от них к развитой теории. В классической физике создание развитой теории начиналось обычно после того, как отдельные аспекты изучаемых взаимодействий отображались в некотором наборе частных теоретических схем и законов.

Первая фундаментальная развитая теория физики — ньютоновская механика — создавалась как обобщение теоретических моделей и законов таких видов механического движения, как колебание маятника, свободное падение тел, движение тел по наклонной плоскости, движение планет (законы Кеплера) и т. д. Аналогичная ситуация наблюдается в истории термодинамики и классической электродинамики, где отдельные аспекты изучаемых процессов были выражены в развитой сети частных теоретических схем и законов задолго до того, как были построены первые обобщающие теории этих разделов физики.

Развитая теория строится на основе синтеза частных теоретических схем. Они включаются в состав теории в трансформированном виде и предстают как выводимые (конструируемые) из ее фундаментальной теоретической схемы. Соответственно все частные теоретические законы выступают как следствие фундаментальных законов теории.

В этой связи возникает вопрос: каким путем создается ядро развитой теории — ее фундаментальная теоретическая схема и связанные с ней уравнения, выражающие основные законы теории.

Допустимы два предположения относительно способа формирования развитой теории. Можно допустить, что фундаментальная теоретическая схема и связанный с ней математический аппарат вводятся в качестве гипотез в уже развитой форме, а затем обосновываются теми частными теоретическими схемами и законами, которые теория должна включить в свой состав. Но возможно и иное предположение, согласно которому формирование фундамента развитой теории происходит постепенно, путем последовательного синтеза сначала некоторых близлежащих законов, обобщаемых в теории, а затем и законов, относящихся к более отдаленным областям исследуемых в теории взаимодействий.

История классической физики свидетельствует, скорее, в пользу второго предположения. Она показывает, что уже после построения ряда частных теоретических схем начинается процесс их экстраполяции на смежные областизнания с тем, чтобы унифицировать законы, описывающие определенную область взаимодействий, и объяснить все явления этой области с единой точки зрения. На этот счет можно привести достаточно много исторических примеров. Характерен вывод Галилеем законов колебания как особого случая закона движения по наклонной плоскости. Весьма показательна предпринятая Ампером попытка представить в качестве базисного закона электродинамики закон силового взаимодействия токов и вывести отсюда в качестве следствий закон Био—Савара и закон Кулона для магнитных полюсов.

Предполагая, что такого рода синтез является нормой построения теории, по крайней мере для этапа классической физики, определим центральный аспект этого синтеза .

Для развитой физической теории всегда характерна относительно высокая стадия математизации, и поэтому построение математического аппарата обычно считается ключевой задачей теоретического обобщения. Однако нельзя упускать из виду и вторую, не менее важную сторону, а именно связь математического формализма с теоретическими схемами, которые обеспечивают его интерпретацию. Отсюда при анализе исторического материала следует особое внимание обратить на связь между этими двумя аспектами познавательного движения (построением математического аппарата и построением его интерпретации).

Одной из опасностей, которая подстерегает философа и методолога при рассмотрении трудной и малоисследованной проблемы становления научной теории, является экстраполяция на любую разновидность теоретического синтеза выявленных современной наукой и распространенных в ней методов теоретического обобщения. Такая экстраполяция может быть осуществлена неосознанно, под влиянием сложившейся традиции, но она будет мешать обнаружению путей теоретического поиска, характерных для каждого этапа развития науки. В конечном итоге это может затруднить решение главной методологической задачи: установить, что меняется в приемах построения теоретических знаний в ходе эволюции физики и каковы инварианты исторически меняющихся форм познавательной деятельности, т. е. ее устойчивые и повторяющиеся черты, которые принадлежат к общим закономерностям теоретического исследования.

Чтобы избежать предвзятых мнений относительно методов построения развитой теории на том или ином этапе эволюции физики, следует обратиться к анализу реального исторического материала. Этот материал следует черпать не столько в учебниках по истории физики, задача которых дать сжатое описание основных этапов эволюции физики (эмпирических и теоретических открытий) и создать общую картину ее исторического развития, сколько в оригинальных текстах самих творцов научных теорий, текстах, запечатлевших результаты движения их творческой мысли. Такие тексты служат основным эмпирическим базисом, на котором историк науки и методолог проверяют свои гипотезы.

С целью выяснить, как протекал процесс построения развитой теории в классической физике, рассмотрим один из важнейших фрагментов ее истории — становление максвелловской теории электромагнитного поля. Выбор этого фрагмента истории науки для логико-методологической реконструкции представляет особый интерес по следующим причинам. Во-первых, он интересен с точки зрения полноты “эмпирического материала”, крайне редкой для философского анализа истории науки (сохранились все основные тексты, фиксирующие принципиально важные этапы развития теории Максвелла, начиная с первых, эскизных вариантов и кончая ее относительно завершенной формой). Во-вторых, создание теории от начала и до конца было осуществлено здесь одним исследователем, в связи с чем можно выделять логически необходимые операции построения теории, без специальной временной реконструкции исторических фактов, поскольку в этом случае логика идей прослеживается в их реальной исторической последовательности. Поэтому на материале истории максвелловской электродинамики можно с достаточной полнотой проследить основные особенности выдвижения гипотез и их превращения в развитую научную теорию.

Анализ рассматриваемого исторического материала интересен еще и потому, что именно по отношению к максвелловской теории электромагнитного поля часто осуществляется некритический перенос современных методов исследования, которые в творчестве Максвелла в лучшем случае можно найти лишь в зародышевой форме. История максвелловской электродинамики чаще всего фигурирует в нашей литературе в качестве примера эффективности математической гипотезы при формировании аппарата развитой теории. При этом существует мнение, что фундаментальная идея тока смещения, приведшая к формулировке уравнений Максвелла, была обязана идеям симметрии.

Считается, что, записав в дифференциальной форме законы Кулона, Био—Савара, качественный закон Фарадея для электромагнитной индукции и выразив в уравнениях факт принципиальной замкнутости магнитных силовых линий, Максвелл обнаружил отсутствие симметрии в найденных уравнениях: а именно, что

уравнение $\operatorname{rot} E + \frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t} = 0$ (1) содержит производные как по координатам, так и по времени, тогда как в уравнение $\operatorname{rot} H = \frac{4\pi}{c} J$ (2) входят только производные по координатам, а производные по времени отсутствуют.

Для восстановления симметрии Максвелл добавил в уравнение (2) новый член — производную от вектора электрической индукции (смещения) по времени $\frac{\partial D}{\partial t}$,

которая (будучи умноженной на $-\frac{1}{4\pi}$) выступила в качестве математического выражения для тока смещения. Тем самым система уравнений электродинамики получила замкнутый характер и превратилась в математический аппарат теории. Из него естественно вытекало уравнение Даламбера для напряженностей

электрического и магнитного полей, решение которого прямо приводило к предсказанию электромагнитных волн.

Такое представление на первый взгляд кажется вполне убедительным, если учесть простоту воспроизведенного хода рассуждений и его внешнюю очевидность (данные опыта, на которые мог опираться Максвелл, действительно не позволяли ему вывести идею о токе смещения и непосредственно ничего не говорили о существовании электромагнитных волн). Однако знакомство с реальным историческим материалом показывает, что процесс формирования максвелловской теории протекал иначе, чем это представляется в рамках традиционного понимания механизма математической гипотезы.

Попытаемся в сжатом виде проанализировать основные этапы этого процесса, акцентируя внимание на его внутренней логике.

Хорошо известно, что 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 (закон Фарадея), постоянного тока (законы Ома, Джоуля Ленца и т. д.) (рис. 4). Эти знания играли роль своеобразного эмпирического материала, на который опирался Максвелл при создании теории электромагнитного поля.

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. Для этой цели нужно было найти схему синтеза, которая бы обеспечила видение всего накопленного историей материала о природе электричества и магнетизма под единым углом зрения.

Рис. 4.

Такую синтезирующую схему задала предварительная картина электромагнитных взаимодействий, которая была принята Максвеллом и впоследствии развилась в электромагнитную картину мира, утвердившуюся в физике в конце XIX века. Эта картина вводила представление об электромагнетизме как передаче электрических и магнитных сил от точки к точке в соответствии с принципом близкодействия. Само выдвижение этой картины было подготовлено предшествующей историей науки и прежде всего работами Фарадея.

Картина магнитных и электрических процессов, опирающаяся на принцип близкодействия, конкурировала с противоположной картиной физической реальности, которую в этот период истории электродинамики развивали Ампер и Вебер. Их теоретические исследования базировались на представлениях об электромагнитных взаимодействиях как о мгновенной передаче сил междуточечными зарядами и дифференциально-малыми элементами тока. На базе этого подхода, связанного с принципом дальнего действия, Ампер задолго до Максвелла предпринял попытку создать обобщающую теорию электричества и магнетизма. В целом он, а затем Вебер сумели развить достаточно богатую теорию, хотя последняя испытывала ряд трудностей, например при объяснении электромагнитной индукции.

Электродинамика Максвелла и электродинамика Ампера—Вебера длительное время конкурировали как две альтернативные исследовательские программы.

Победа максвелловского направления была одержана только после построения теории электромагнитного поля и экспериментального обнаружения предсказанных теорией электромагнитных волн. Но в исходном пункте в период своего формирования программа Максвелла не имела никаких преимуществ перед соперничающим с ней направлением. Более того, электродинамика Ампера—Вебера уже была развита и к этому времени получила достаточно впечатляющие результаты. Поэтому сам выбор Максвеллом альтернативной картины электромагнитных процессов был достаточно смелым исследовательским шагом.

Если анализировать причины того, почему Максвелл осуществил этот шаг, то придется привлечь множество факторов, в том числе психологического и социокультурного характера. Но для логики научного познания важно, что такой шаг был подготовлен предшествующим развитием физики. И коль скоро речь идет о создании теории электромагнитного поля, то выдвижение картины физической реальности, основанной на идее близкодействия, было логически необходимым предварительным условием последующего построения указанной теории. Поэтому было необходимо, чтобы если не Максвелл, то какой-либо другой исследователь выдвинул бы данную картину в качестве основания новой программы перестройки электродинамики.

Фарадеевско-максвелловская картина физической реальности сразу же указала конкретные пути синтеза уже известных законов электричества и магнетизма. Она определила область математических средств, с помощью которых можно было единым образом описывать самые разнородные электрические и магнитные явления. Эти средства, послужившие основой для построения аппарата будущей теории электромагнитного поля, заимствовались из механики сплошных сред, в частности из гидродинамики.

Сейчас хорошо известно, что именно за счет переноса математических структур из гидродинамики на область электромагнитных процессов Максвелл построил обобщающие уравнения электромагнитного поля. Но для того чтобы обратиться к этой области в самом начале исследования, Максвеллу нужно было заранее увидеть общее структурное сходство между весьма далеко отстоящими областями (механикой сплошных сред и электричеством и магнетизмом). Такое сходство обнаруживалось только благодаря принятой Максвеллом картине физической реальности. Для сравнения отметим, что вводимые Ампером и Вебером представления об электромагнитных процессах как взаимодействии точечных зарядов и токов путем мгновенной передачи сил требовали применения в электродинамике иных математических структур, заимствованных из ньютоновской механики материальных точек.

Различие в картинах физической реальности, лежащих в основании исследовательских программ Максвелла и Ампера—Вебера, обусловило и различие в математических методах этих программ.

Перенос Максвеллом уравнений из гидродинамики на область электромагнитных явлений осуществлялся путем построения аналоговых моделей гидродинамического и квазимеханического типа (рис. 5).

Эта сторона вопроса достаточно хорошо освещена в историко-физической и философской литературе. Когда характеризуют процедуру создания математического аппарата максвелловской электродинамики, то использование аналоговых моделей плюс прогнесс в собственно математических средствах всегда описывают в качестве необходимого признака данной процедуры.

Внешне все выглядит так, как будто бы аппарат максвелловской теории был создан в результате непрерывного выдвижения все более совершенных уравнений, описывающих в обобщенной форме все новые аспекты электромагнетизма. Однако

уже при более внимательном анализе выясняется, что у Максвелла “математический анализ сливается с физическим содержанием”[34], благодаря чему и оказывается возможным формирование теории электромагнетизма.

Лишь при поверхностном рассмотрении смена и трансформация аналоговых моделей, обеспечивающих развитие математических структур электродинамики, могут показаться логически недетерминированными, обусловленными лишь игрой научной фантазии исследователя.

В действительности же здесь был скрыт важнейший комплекс операций, необходимых для построения развитых теорий.

Выясняется, что аналоговые модели были не просто некоторым промежуточным звеном для трансляции математических средств. Внутри используемых аналогий Максвелл каждый раз выявлял конструктивное содержание за счет того, что систему связей и отношений между элементами аналоговой модели он представлял как изображение существенных черт экспериментально-измерительных ситуаций той предметной области, для описания которой предназначалось вводимое им уравнение. Именно эта процедура соединяла математическую форму с физическим смыслом и позволяла обосновать каждое обобщающее уравнение в качестве описания законов электромагнитного взаимодействия.

Рис. 5.

Характерным примером в этом отношении может служить начальный пункт максвелловской работы.

Максвелл, приступая к реализации своей программы, вначале поставил задачу построить единую систему теоретического описания и объяснения электростатических явлений. Для этого необходимо было вывести единое обобщающее уравнение электростатики. Средством выведения такого уравнения послужила аналоговая гидродинамическая модель, основным элементом которой являлась единичная незамкнутая трубка тока некоторой идеальной несжимаемой жидкости. Эта модель позволила перебросить уравнение Эйлера для жидкости на область электростатических явлений и использовать его в качестве гипотетического выражения для обобщенного закона электростатики. Отсюда были получены в качестве следствий выражения для закона электростатической индукции и закона Кулона в дифференциальной форме[35].

Однако при всей привычности описанной ситуации возникает совершенно неясный с точки зрения логики момент: почему можно было интерпретировать гидродинамические уравнения в терминах электростатических величин? Ответ на этот вопрос дает сама процедура применения аналоговой модели. Оказывается, Максвелл обосновал ее как изображение существенных черт всех экспериментально-измерительных ситуаций электростатики, после чего само предположение о возможности истолковать гидродинамические величины уравнения Эйлера в терминах электростатики приобрело статус доказанной гипотезы.

В логически реконструированном виде процедура этого обоснования может быть описана следующим образом[36]. Вначале было установлено, что гидродинамическая аналогия изображает существенные черты явлений электростатической индукции. Уже в процессе переброски уравнений Эйлера на эту область трубка с несжимаемой жидкостью была уподоблена силовой линии, а набор таких трубок — характерно для индукции изменению напряженности силовых линий в пространстве от точки к точке. Но тем самым Максвелл ввел, строго говоря, совершенно необычный объект — электрические силовые линии, существующие

вне порождающих их зарядов. Такого объекта не было в предшествующих теоретических представлениях электростатики. В схеме электростатической индукции Фарадея силовые линии изображались как возникающие в идеализированном диэлектрике, ограниченном идеальными заряженными пластинами, и зависели от величины заряда на пластинах (модель идеализированного конденсатора). В максвелловской же модели они вводились по иному признаку. Поэтому требовалось специально доказать правомерность нового гипотетического свойства силовой линии. Доказательство было осуществлено по всем правилам конструктивного обоснования абстрактного объекта, который был выстроен в качестве объекта исследования, в системе процедур, представленных в модели электростатической индукции.

Мысленное варьирование зарядов на обкладке идеального конденсатора фарадеевской схемы и констатация того факта, что вместе с этим то убывает, то прибывает электрическая энергия в диэлектрике, позволили совершить предельный переход к случаю, когда вся электрическая энергия сосредоточена в диэлектрике. Это было эквивалентно представлению о наборе силовых линий, существующих тогда, когда устранены порождающие их заряды. Теперь картина силовых линий, оторванных от зарядов, оказалась идеализацией, восходящей к реальному экспериментальному материалу. Именно благодаря этому внутри аналоговой модели было выделено содержание, которое позволило представить ее в качестве выражения существенных черт взаимодействий, выявленных в экспериментальных ситуациях по изучению электростатической индукции.

Подобным же способом гидродинамическая модель трубок была обоснована Максвеллом и по отношению к ситуациям кулоновского взаимодействия зарядов.

Чтобы переписать на основе гидродинамических уравнений закон Кулона, Максвелл ввел изображение заряда как точечного источника (стока), из которого равномерно вытекает несжимаемая жидкость, поступающая в плотно прилегающие друг к другу трубки переменного сечения. Поскольку трубки с жидкостью были уже представлены как электрические силовые линии, постольку модель точечного источника стала изображением заряда, свойства которого характеризовались через признаки силовых линий. Тем самым было введено гипотетическое представление о заряде, который определен через напряженности создаваемого им поля.

Однако, если принять во внимание, что в модели Кулона заряд не содержал этой характеристики, а определялся через свойство “изменять состояние движения другого заряда”, то требовалось доказать эквивалентность обоих представлений. Только после этого можно было считать новое уравнение для зарядов равноценным закону Кулона.

Конструктивное обоснование гипотетического представления о заряде было легкоосуществимой операцией, если учесть возможность следующего мысленного эксперимента. В схеме кулоновского взаимодействия зарядов, которая сосредоточила в себе существенные черты соответствующих экспериментально-измерительных процедур электростатики, можно было варьировать величину зарядов. В предельном случае один заряд — “источник электрической силы” — можно было считать фиксированным, а другой заряд — сколь угодно малым. Тогда последний превращался в “пробный заряд”, который не оказывает на величину и направление электрической силы никакого воздействия, а позволяет лишь характеризовать плотность силовых линий, исходящих из порождающего их заряда. В результате заряд — источник поля — оказывается определенным только через характеристики поля так же хорошо, как и через свойство воздействовать на другой такой же заряд. Так внутри гидродинамической модели трубок было выявлено конструктивное содержание, относящееся к ситуациям кулоновского взаимодействия зарядов.

После всех описанных операций данная модель предстала уже как синтетическое изображение самых существенных черт экспериментально-измерительных ситуаций электростатики в целом. За ее внешней наглядной формой была скрыта теоретическая схема электростатики, которую можно было бы эксплицировать в виде отношения следующих абстрактных объектов: заряда, порождающего поле, пробного заряда и электрических силовых линий. Аккумулируя в себе основные и существенные черты всех экспериментов и измерений электростатики, данная теоретическая схема в силу этого представляла объект исследования отмеченной области. Она выступала как изображение структурных особенностей стационарного электрического поля. Такое видение теоретической схемы достигалось благодаря ее отображению на картину мира, принятую Максвеллом еще в начальном пункте теоретического исследования.

Соотнесение с картиной мира позволяло объективировать синтетическую модель электростатики. Силовые линии, отделенные от зарядов, приобрели тот же статус физической реальности, что и заряд. В свою очередь, такая онтологизация теоретических конструктов, оправданная их введением в качестве идеализаций, уходящих корнями в реальный эксперимент, формировала в физической картине мира новые представления, уточняя и развивая исходные образы электромагнитных взаимодействий. Физическая реальность “отделенных” от зарядов электрических силовых линий соответствовала представлению об электрическом поле, которое может быть рассмотрено как существующее в пространстве относительно независимо от его источников. Учитывая, что само существование такого поля могло быть оправдано только тем, что электрическая энергия сохраняется в поляризованном диэлектрике и при отсутствии зарядов, в картине мира должен был присутствовать (или появиться благодаря отображению на нее теоретической схемы электростатики) аналог идеального диэлектрика. Таким аналогом был эфир как среда, в которой могут существовать силовые линии. Заметим, что эфир, заполняющий пространство, был введен в развиваемой Максвеллом картине физической реальности по таким свойствам, которые как раз соответствовали свойствам идеального диэлектрика[37].

Таким образом, благодаря созданию обобщающей теоретической модели электростатики в обиход физического анализа были введены принципиально новые характеристики поля, которые были неизвестны до ее создания. Получив такой же статус физической реальности, что и заряд, электрическое поле в принципе могло предстать уже не только как порождаемое зарядом, но и как порождающее заряд (набор электрических силовых линий, стянутых в точку, мог рассматриваться как заряд).

Введенные Максвеллом обобщающие уравнения электростатики соотносились с новой системой физических понятий, благодаря чему получили обоснование в качестве выражений для законов стационарного электрического поля.

Эти уравнения выражали более глубокое физическое содержание, чем предшествующие им законы Кулона и Фарадея, превратившиеся теперь в частные случаи максвелловских уравнений для электрического поля.

Вся рассмотренная нами система теоретической деятельности Максвелла, связанная с выводом обобщенных законов электростатики, постоянно повторялась в процессе осуществляемого им грандиозного синтеза знаний об электричестве и магнетизме.

Гипотетически вводимые уравнения каждый раз обосновывались в качестве законов той или иной области электромагнетизма путем нахождения конструктивного смысла аналоговых моделей. Сами же эти процедуры протекали как операции с первичными теоретическими схемами электродинамики. В таких схемах отыскивалось инвариантное содержание, которое затем фиксировалось

внутри каждой аналоговой модели. С этих позиций построение математического аппарата электродинамики Максвелла предстает уже не просто как серия математических экстраполяций. Оно оказывается связанным с процессом последовательного синтеза созданных в домаксвелловский период первичных теоретических моделей электромагнитного взаимодействия. Нетрудно увидеть в этом синтезе познавательное движение, направленное на создание обобщающей теоретической схемы, которая должна лечь в фундамент будущей теории и предстать как интерпретация ее аппарата. Именно в этом процессе постепенной кристаллизации фундаментальной теоретической схемы максвелловской электродинамики была заключена та внутренняя логика исследования, которая целенаправляла отбор аналоговых моделей. Последние же были не просто вспомогательными средствами, чем-то вроде строительных лесов, которые должны быть убраны, когда построено здание теории. Они служили особыми каркасами, часть которых становилась арматурой для возводимых стен теоретической постройки, входила в само “тело” создаваемой теории, а вторая, внешняя часть, связанная с наглядно-образной формой модели, оставалась лесами, которые облегчали создание теории и были устранены после ее создания.

В процессе становления математического аппарата теории электромагнитного поля движение в математических средствах 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 удалось выделить в аналоговой модели конструктивного содержания, сразу же приостанавливалось продвижение к математическому аппарату электродинамики.

Судя по всему, из поля зрения историков науки, даже тех, кто специально занимался анализом максвелловского открытия, выпадает 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 электростатики

$$\operatorname{div} D = 4\pi\rho$$
[38], введено уравнение $\operatorname{rot} H = \frac{4\pi}{c} J$, обобщающее законы Ампера, Био—Савара и закон Кулона для магнитных полюсов[39], и, наконец, было предложено

выражение $E = -\frac{\partial A}{\partial t}$, на базе которого Максвелл пытался получить математический закон электромагнитной индукции[40]. Последнее выражение Максвелл интерпретировал как связь между напряженностью электрического поля E и так называемым “электротоническим вектором” A , который он ввел как характеристику потенциальной возможности появления э.д.с. при изменении энергии

магнитного поля. В современном понимании выражение $E = -\frac{\partial A}{\partial t}$ соответствует определению поля E через вектор-потенциал A . Если смотреть ретроспективно, то Максвелл, в сущности, уже “держал в руках” математическую схему электродинамики, причем в виде, весьма близко к ее современной формулировке (электромагнитные взаимодействия были представлены как отношение между электрическими, магнитными полями и токами; само же отношение “ток-поле” было задано в энергетической форме, посредством введения вектора-потенциала[41], что, как известно, соответствует современной, лагранжевой формулировке теории).

С позиций метода математической гипотезы Максвеллу оставалось сделать совсем немного: 1) взять ротор от обеих частей полученного равенства $E = -\frac{\partial A}{\partial t}$ и, учитывая введенное им ранее определение $V = \text{rot } A$ (где V — вектор электромагнитной индукции), получить отсюда закон электромагнитной индукции в форме $\text{rot } E = -\frac{1}{c} \frac{\partial V}{\partial t}$; 2) сопоставить последнее соотношение с полученным ранее уравнением для закона Био—Савара $\text{rot } H = \frac{4\pi}{c} J$; 3) обнаружить, что в уравнении $\text{rot } H = \frac{4\pi}{c} J$ для полной симметрии не хватает члена $\frac{1}{c} \frac{\partial D}{\partial t}$, соответствующего току смещения.

Однако в действительности именно в этом пункте, казалось бы, наиболее перспективном с точки зрения традиционно приписываемого Максвеллу метода, сам он 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, легко может быть понят, если учесть связь между развитием формализма теории и процедурами конструктивного обоснования теоретических схем.

Исторически Максвелл подошел к описанной выше формулировке законов электромагнетизма, опираясь на концепцию стационарных силовых линий.

Моделируя электрические силовые линии посредством представления о равномерном течении несжимаемой жидкости в незамкнутых трубках, Максвелл добился вначале обобщения знаний электростатики. Затем аналоговая “модель трубок” была экстраполирована на область магнитостатики и взаимодействия стационарных токов.

Учитывая вихревой характер магнитных сил, Максвелл видоизменил исходную аналогию и ввел представление о замкнутых трубках тока несжимаемой жидкости [42].

Посредством новой модели, выявляя в ней конструктивное содержание, он нашел обобщающий закон $\text{rot } H = \frac{4\pi}{c} J$, в котором фиксировалась связь между постоянным током и порождаемым им стационарным магнитным полем. Из этого закона были выведены в качестве частного случая выражения для законов Кулона, Био—Савара и Ампера.

Таким образом, в распоряжении создателя теории электромагнитного поля оказались два важных уравнения, одно из которых характеризовало постоянное электрическое, а другое — постоянное магнитное поле. Их связь он надеялся обнаружить в процессе поиска математического выражения для обобщенного закона электромагнитной индукции, поскольку в явлении электромагнитной индукции явно прослеживалось взаимодействие электрических и магнитных сил.

Чтобы отыскать математический закон электромагнитной индукции, Максвелл использовал уже примененную ранее аналогию между циркулирующей несжимаемой жидкостью в кольцевой трубке и стационарным магнитным полем, порождаемым магнитами и токами. Он перенес эту аналогию на новую область электромагнитных процессов, учитывая то обстоятельство, что в явлении электромагнитной индукции так же, как и в явлениях магнитного действия стационарных токов, прослеживалась генетическая — связь между электрическим током и магнетизмом. Посредством модели “кольцевой трубки” Максвелл попытался ассимилировать фарадеевские представления об электромагнитной индукции.

Однако именно здесь и возникли решающие трудности. Попытка выявить в аналоговой модели конструктивное содержание, соответствующее фарадеевским схемам индукции, приводила к утрате самого главного признака гидродинамической аналогии – ее способности моделировать магнитную силовую линию. Причина заключалась в том, что модель “кольцевой трубки” принципиально могла заместить и 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 стационарно текущей в кольцевой трубке несжимаемой жидкости было невозможно представить существенные особенности электромагнитной индукции, не разрушая того содержания, которое выражало особенности процессов магнитостатики и взаимодействия стационарных токов. Несмотря на то, что

да

посредством указанной модели были введены выражения $E = -\frac{\partial A}{\partial t}$ и $B = \text{rot } A$, из которых легко можно было бы получить уравнение для электромагнитной индукции, отсутствие в аналоговой 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.

Максвелл попытался вначале интерпретировать их, вводя представления об изменении во времени энергии магнитного поля. Но тем самым он получил противоречивое определение поля, поскольку оно задавалось только как стационарное (поле изображалось как пространственная конфигурация стационарных силовых линий). Говорить же об изменении во времени энергии поля, которое с самого начала определялось как постоянное во времени, было бессмысленно.

В результате уравнения, введенные на базе аналоговой модели стационарно циркулирующей несжимаемой жидкости и предназначенные для описания электромагнитной индукции, оказались лишенными физического содержания. Они предстали в виде чисто математических формул, в которых один вектор определялся через другой, не имея иных, независимых определений. Поскольку в уравнения могло быть вложено физическое содержание лишь сугубо гипотетического характера, Максвелл вынужден был оставить этот сам по себе весьма перспективный формализм. Он просто-напросто не знал, как его применять для характеристики реальных измерений. Поэтому всю работу, связанную с построением единой теории электромагнетизма, исследователю пришлось проделать почти заново. Это был своего рода тупиковый этап максвелловского познавательного процесса. Но он подготовил переход к продуктивной стадии, завершившейся созданием теории электромагнитного поля.

Переход к этой стадии был связан с изменением стратегии теоретического поиска. Максвелл 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 эмпирический материал.

Такая смена видения была результатом анализа трудностей, которые характеризовали непродуктивные попытки синтеза знаний магнитостатики и электромагнитной индукции. Сама тупиковая ситуация, возникшая на этом этапе, недвусмысленно показывала, что абстракция стационарной силовой линии является слишком грубой для того, чтобы построить обобщенную схему объяснения

электромагнитных явлений. Поэтому необходимо было отыскать такое представление, из которого стационарная магнитная силовая линия “выводилась бы” как частный случай.

Представление данного типа Максвелл ввел с помощью известной модели вихря в несжимаемой жидкости[43]. В этой модели вихрь репрезентировал магнитную силу в точке, набор же вихрей моделировал магнитную силовую линию. Внутри аналоговой модели Максвелл выявил конструктивное содержание, соответствующее обобщенной 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 переменное[44].

В дальнейшем Максвелл произвел последовательный синтез знаний о постоянном токе и электромагнитной индукции, каждый раз модернизируя исходную аналоговую конструкцию (вначале к модели стационарного вихря был добавлен телесный элемент, изображающий движущийся заряд[45]; затем было введено представление о неравномерном вращении вихрей и ускоренном движении связанных с ними телесных элементов, что моделировало взаимосвязь переменного магнитного поля и переменного тока).

В этом процессе вместе с исходной аналогией перестраивались в новую систему зависимостей соответствующие уравнения электромагнетизма. Показательно, что, получая такие уравнения в качестве гипотетических законов для все расширяющегося класса электромагнитных явлений, Максвелл обязательно доказывал правомерность вводимых теоретических представлений. Само же это доказательство всегда проводилось в двух планах. С одной стороны, из новых математических выражений для обобщенных законов каждый раз выводились все прежние известные законы как частный случай нового уравнения. С другой, каждая видоизмененная аналоговая модель обосновывалась Максвеллом в качестве изображения существенных черт всех тех экспериментальных ситуаций, которые подлежали теоретическому обобщению в рамках данной модели. Процедура такого обоснования осуществлялась путем конструктивного введения теоретических объектов электродинамики, представленных аналоговой моделью. Эти объекты вводились как идеализации на базе тех первичных теоретических схем, которые предполагалось синтезировать в рамках соответствующего аналогового образа. Причем после очередного изменения аналоговой модели Максвелл не только устанавливает, что в ней могут быть представлены существенные черты новой области взаимодействий, но и проверяет, не разрушилось ли при этом ее прежнее конструктивное содержание.

Показательно, например, что, ассимилировав “блок” знаний постоянного тока на базе модели вихря, Максвелл особым способом выводит из полученных обобщающих уравнений закон Био—Савара[46]. Вначале он мысленно выстраивает магнитное поле в виде конфигурации замкнутых силовых линий, а затем устанавливает, что оно соответствует току проводимости определенной величины.

Этот эксперимент не может быть произведен в реальном опыте, но он понадобился Максвеллу, чтобы доказать, что введение в модель нового абстрактного объекта — тока, помеченного по “субстанциональным” свойствам (течь по проводнику, вызывать тепловое действие и т. д.), сохраняет прежний признак тока — “вызывать магнитное поле”.

Теоретический конструкт, который репрезентировал “субстанциональные” свойства тока, и конструкт, посредством которого характеризовалось магнитное действие тока, ранее были различными абстрактными объектами, поскольку обладали различными признаками.

Благодаря описанному мысленному эксперименту доказывались идентичность этих конструктов и возможность их замещения одним абстрактным объектом, который соединял отмеченные группы признаков. Тем самым устанавливалась непротиворечивость двух определений, образующих понятие “электрический ток”. 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 построения теоретической схемы путем идеализаций, опирающихся на реальные особенности экспериментов, но и процедура постоянного соотнесения такой схемы с физической картиной 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.

Учет содержательно-физического аспекта познавательного движения Максвелла позволяет по-новому осмыслить многие особенности построения теории электромагнитного поля, в том числе и решающего ее этапа, связанного с выводом уравнения, включающего выражение для тока смещения. При таком подходе выясняется, что знаменитая идея тока смещения, завершившая формирование максвелловской теории, была введена вовсе не на путях математической гипотезы, а была получена значительно более прозаичным способом. Она возникла как результат построения аналогии, конструктивное содержание которой соответствовало обобщенной теоретической схеме всех известных Максвеллу областей электромагнитного взаимодействия. На этой стороне проблемы следует остановиться несколько подробнее, поскольку речь идет о выводе одного из важнейших законов теории электромагнетизма, относительно метода получения которого имеются существенные неясности и разногласия.

Уравнение с током смещения было получено Максвеллом в связи с необходимостью учесть в уже созданных обобщающих законах особенности электростатических взаимодействий. До этого момента уже была построена система обобщающих уравнений для магнитостатики, тока проводимости и электромагнитной индукции. Аналоговой моделью, обеспечившей введение таких уравнений, послужило представление о

вращающихся вихрях несжимаемой жидкости, между которыми расположены контактирующие с ними телесные элементы. В данной модели было выделено физическое содержание, которое соответствовало обобщающей теоретической схеме для магнитоэлектрических процессов, явлений, связанных с током проводимости, и для электромагнитной индукции. Аналоговая модель выступала как символический образ всех этих процессов. В этой модели движение вихрей с постоянной скоростью сопоставлялось со стационарным магнитным полем, движение вихрей с ускорением — с переменным магнитным полем; телесный элемент — с дифференциально малой порцией электричества (заряда), перемещение телесного элемента — с током проводимости; тангенциальная сила, действующая на телесный элемент, соответствовала вектору электрической напряженности. Функционирование данной модели (рис. 6, а) выражало следующие особенности учтенных в ней процессов электромагнетизма: 1) возникновение тока проводимости под действием электрического тока (тангенциальная сила приводит в движение телесные элементы); 2) возникновение магнитного поля, порождаемого током (движение телесного элемента приводит во вращение вихри); 3) возникновение электродвижущей силы под действием переменного магнитного поля и появление индукционных токов (ускоренное вращение вихрей порождает тангенциальную силу, которая, в свою очередь, приводит в движение телесные элементы).

Максвеллу оставалось учесть только явления электростатики. Для этого он видоизменил исходную аналогию так, чтобы, сохраняя прежнее ее физическое содержание, отразить еще и специфику этой новой области взаимодействия. Он предположил, что вихри могут деформироваться, вызывая небольшое смещение телесного элемента. Такое смещение, в свою очередь, должно было изображать поляризацию зарядов при электростатической индукции.

Заменив для удобства вихри деформируемыми ячейками упругой среды, Максвелл затем доказал, что в новой модели представлены все существенные черты электростатических взаимодействий (доказательство проводилось на базе мысленных экспериментов с теоретическими схемами Фарадея и Кулона). После этого было произведено еще одно доказательство, устанавливающее, что в новой модели не утеряно и прежнее ее физическое содержание. Тем самым была создана теоретическая схема, обобщающая все известные Максвеллу знания об электричестве и магнетизме.

Из анализа данной схемы следовало, что ток смещения и ток проводимости вводятся по одному и тому же набору признаков, а значит, являются эквивалентными понятиями. Чтобы показать это, обратимся к рис. 6.

Рис. 6 а — вращающиеся вихри c_1 и c_2 приводят в движение элемент q и наоборот; б — телесный элемент, представляющий заряд, находится между способными к деформации, но не деформированными еще ячейками; в и г — деформация ячеек c_1 и c_2 соответствующая поляризации, и переход от деформированного состояния ячеек к недеформированному (снятие поляризации) приводит к перемещению элемента q

Представим себе начало поляризации диэлектрика с того момента, когда включается внешнее электрическое поле (см. рис. 6, б, в, г). В модели это изображается как появление силы, которая начинает “проталкивать” телесный элемент q между двумя ячейками c_1 и c_2 . В процессе перемещения элементов между ячейками последние испытывают деформацию кручения, и возникающая при такой деформации упругая сила начинает противодействовать движению элемента q до тех пор, пока она не уравнивает внешнюю силу. В этот момент происходит остановка телесного элемента в положении q_1 , что соответствует установлению поляризованного состояния в рассматриваемом дифференциально малом объеме диэлектрика.

В ходе описанного взаимодействия телесного элемента с ячейками последние приходят во вращение с переменной скоростью, которая возникает в момент включения внешней силы (положение q_2) и вновь становится равной нулю в положении q_1 . Поскольку вращение ячеек с переменной скоростью означает наличие нестационарного магнитного поля, постольку описанная картина возникновения поляризации соответствует эффекту порождения магнитного поля вследствие локального смещения зарядов в диэлектрике. С позиций динамической структуры модели было совершенно безразлично, является вращение ячеек результатом движения телесных элементов без деформации ячеек либо оно возникает как результат этой деформации. Это означало, что безразлично, является магнитное поле результатом локального смещения “элементов электричества” в процессе поляризации либо оно возникает как эффект тока проводимости. В любом варианте это было одно и то же поле. Но в таком случае смещение зарядов в процессе индукции согласно модели определялось уже по двум признакам: 1) “быть набором порций электричества, перемещающихся под действием электрического поля”; 2) “порождать магнитное поле”. Если учесть, что в ходе всех проведенных ранее процедур обоснования “ток проводимости” был введен как носитель этих же самых свойств, то Максвелл просто-таки не имел права проводить различие между ним и смещением зарядов в диэлектрике.

Он истолковал последнее как начало тока. В этом смысле отождествление “тока смещения” и “тока проводимости” было, скорее, логическим следствием движения в слое промежуточных интерпретаций, чем гениальной догадкой, внезапно осенившей создателя теории электромагнетизма.

Выразив все выявленные отношения элементов аналоговой модели на математическом языке, Максвелл получил свое знаменитое уравнение с током

смещения: $\text{rot } H = \frac{1}{c} \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} J$, которое замыкало систему уравнений электродинамики и явилось решающим этапом создания ее математического аппарата[47]. Здесь видно, насколько не соответствует историческим фактам представление о том, что Максвелл вывел это уравнение, пользуясь соображениями симметрии. Только относительно недавно в работе А.М.Борка[48] было указано, что эту симметрию уравнений Максвелла впервые зафиксировал О.Хевисайд лишь в 1885 г., а в текстах самого Максвелла полностью отсутствуют какие-либо свидетельства использования соображений симметрии. Солидаризуясь с выводом Борка, мы можем высказать более сильное утверждение: такого рода прием не мог быть использован Максвеллом в принципе, поскольку он не соответствует логике того реального познавательного движения, результатом которого явилась теория электромагнитного поля. Такие приемы построения теории стали типичными только в современную эпоху эволюции физики.

После создания системы максвелловских уравнений оставалось лишь выявить за строительными лесами аналоговых моделей созданное здание электродинамики. Весь этот процесс был закончен несколько позднее, но уже на заключительной стадии максвелловского синтеза полученная система уравнений и ее интерпретация сформировали новое видение электромагнитных процессов. Последние предстали как взаимодействие связанных между собой электрических и магнитных полей, распространяющихся в пространстве с конечной скоростью. Благодаря этому сама теория электромагнетизма должна была рассматриваться как описание существенных характеристик особой физической реальности — электромагнитного поля.

В заключение сформулируем некоторые выводы.

1. Анализ истории максвелловской электродинамики показывает, что при построении развитой теории исследователь может не обращаться непосредственно к

экспериментальным данным, а использовать в качестве эмпирического материала теоретические знания предшествующего уровня (Максвелл нигде не оперирует непосредственно данными опыта, а учитывает их косвенно, оперируя с теоретическими схемами Фарадея, Кулона, Ампера и др.). В этом плане история электродинамики является одним из свидетельств того, что для построения новой теории не обязательно иметь новые эксперименты.

2. Одним из решающих пунктов создания максвелловской теории был предварительный выбор картины физической реальности, которая предопределяла характер применяемых математических средств и аналоговых моделей. Наличие картины физической реальности служит необходимым звеном теоретического синтеза, приводящего к основным уравнениям развитой физической теории. Указанная картина определяет программатеоретического синтеза, его стратегию.

3. Построение теории Максвелла протекало как процесс попеременного движения в математических средствах и плоскости физического содержания. Каждый новый шаг по пути к уравнениям электромагнитного поля сопровождался промежуточными интерпретациями, которые стимулировали новое движение в математических средствах. Такие переходы от математических средств к физическому содержанию и обратно происходили до тех пор, пока не завершился синтез всех знаний, обобщаемых в рамках максвелловской электродинамики. В качестве предположения, подлежащего проверке на конкретном историческом материале, можно сформулировать гипотезу, согласно которой, по-видимому, и в современной физике промежуточные интерпретации являются необходимым звеном построения теории.

4. Игнорирование связи между формально-математическими и содержательно-физическими операциями может привести к предвзятому истолкованию истории науки. В частности, неверно мнение, что Максвелл получил уравнение с током смещения, пользуясь соображениями симметрии. Это уравнение было получено на основе содержательно-физической модели.

Примечания

[1] Отметим, что эвристические функции картины мира в эмпирическом исследовании были зафиксированы и описаны мной еще в середине 70-х годов. Поэтому несколько казусным выглядит утверждение В.Н.Михайловского и Г.Н.Хона, что они впервые обращают внимание на то, что “картина мира как предзаданное видение позволяет изучать объекты, для которых еще не создано развитой теории. В этом случае и специальные (частные) картины мира и естественнонаучная картина мира целенаправляют исследования и активно участвуют в интерпретации получаемых результатов” (*Михайловский В.Н., Хон Г.Н. Диалектика формирования современной научной картины мира. Л., 1989. С. 11—12*). Если и говорить о приоритете в исследовании этих аспектов динамики знания, то он, бесспорно, принадлежит минской методологической школе (См.: Становление научной теории. С. 71—72; Природа научного познания. С. 163—173, 212—222; Идеалы и нормы научного исследования. С. 15).

[2] См.: *Гильберт В. О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле. М., 1956. С. 81—97.*

[3] См.: *Франкфурт И.У., Френк А.М. Христиан Гюйгенс. М., 1962. С. 192.*

[4] Цит. по: *Льоцци М. История физики. М., 1970. С. 291.*

[5] *Карпинская Р.С. Биология и мировоззрение. М., 1980. С. 184.*

[6] См.: *Горохов В.Г. Методологический анализ научно-технических дисциплин. М., 1984; Зеленков А.И., Водопьянов П.А. Динамика биосферы и*

социокультурные традиции. Минск, 1987; *Петушкова Е.В.* Отражение в живой природе. Динамика теоретических моделей. Минск, 1983; *Шмаков В.С.* Структура исторического знания и картина мира. Новосибирск, 1990; *Шубас М.Л.* Инженерное мышление и научно-технический прогресс: стиль мышления, картина мира, мировоззрение. Вильнюс, 1982; *Смирнова Р.А.* Природа социальной реальности. Минск, 1991 и др.

[7] Подробнее о структуре картин биологической реальности, предложенных Кьювье и Ламарком, и функционировании их в качестве исследовательских программ см.: *Кузнецова Л.Ф.* Картина мира и ее функции в научном познании. С.91—94.

[8] *Соловьев .И.* Эволюция основных теоретических проблем химии. М., 1971. С.35—36.

[9] Там же. С.35.

[10] Последующее изложение преследует только одну цель — проиллюстрировать универсальность функционирования специальных научных картин мира в качестве исследовательских программ науки. Что же касается анализа структуры картин социальной реальности как особых компонентов социально-научного знания, их исторических типов, соотношения с конкретными социальными теориями — это задача особого исследования.

[11] Как следствие этих установок в марксистской исторической литературе преобладали описания экономического развития различных стран, революций и восстаний народных масс, но весьма редким исключением были работы, посвященные анализу глубинных менталитетов и ценностей, определяющих духовный климат той или иной исторической эпохи, исследования состояний массового сознания и образа жизни людей, характерного для этой эпохи и определенного вида общества.

[12] *Лакатос И.* История науки и ее реконструкции // Структура и развитие науки. М., 1978. С. 217.

[13] *Резерфорд Э.* Избранные научные труды. Строение атома и искусственное превращение элементов. М., 1972. С. 223.

[14] Критический анализ модели Нагаока с этих позиций можно найти, например, в работах В.Вина (1905). (см.: *Спасский Б.И.* История физики. Ч. II. М., 1977. С. 229.)

[15] Новые идеи в физике. Сб. 2. Эфир и материя. СПб., 1913. С. 13.

[16] Там же. С. 18—20.

[17] Там же. С. 23—27.

[18] Там же. С. 23—27.

[19] Интерес к проблемам строения вещества был вызван и влиянием других факторов, например, успехов в развитии химии этого периода (здесь в первую очередь следует иметь в виду проблемы, к которым приводило открытие Менделеевым периодического закона). Но если бы внутри самой физики, в ее картине мира вопросы строения вещества не были бы поставлены особенно остро, то, по-видимому, это влияние осталось бы косвенным и не привело бы к той связи физико-химических исследований, направленных на изучение атома, которая наблюдалась с начала XX столетия.

[20] *Максвелл Д.К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1954. С. 372.

[21] *Kuhn T.* Postscriptum-1969. In: Structure of Scientific Revolutions. 2 ed. enl. Chicago, 1970. С. 189—195.

[22] *Ibid.* P. 192—195

[23] Новые идеи в физике. Сб. 2. Эфир и материя. С. 18—21

[24] *Льоци И.* История физики. М., 1970. С. 373—376.

[25] *Льоци И.* История физики. С. 184—187.

[26] Неверно мнение, что Кулон получил свой закон из самих измерений без каких-либо предварительных теоретических предпосылок. У него была теоретическая гипотеза, которую он проверил в эксперименте.

[27] *Маттис М.* Теория магнетизма. М., 1967. С. 26.

[28] Теоретическое выражение для закона Кулона, сформулированного относительно идеальной ситуации взаимодействия точечных зарядов в пустоте, не следует путать с математической формулировкой эмпирической зависимости, которую Кулон получил из опытов с реальными наэлектризованными телами, взаимодействующими в реальной воздушной среде. Логически разный статус подобных выражений мы уже отмечали в гл. 1.

[29] См.: например. *Popper K.* Logic der Forschung. Wien., 1935; *Popper K.* Conjectures and Refutations. N.Y.-L., 1963. P. 115—117.

[30] Все, что говорится в данном разделе о картинах мира, относится к классическому периоду развития физики. В современной физике эта ситуация воспроизводится в основных чертах, но с рядом существенных особенностей, о которых будет сказано ниже.

[31] *Фарадей.* Экспериментальные исследования по электричеству. Т. 1. М., 1947. С. 560.

[32] Там же. С. 25.

[33] *Льоци И.* История физики. С. 276.

[34] *Кузнецов Б.Г.* Принципы классической физики. М., 1958. С. 289.

[35] *Максвелл Д.К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1954. С. 41—44.

[36] Попытка такой реконструкции впервые была предпринята Г. Герцем (См.: *Герц Г.* Исследование по распространению электрической силы // Из предистории радио. М.-Л., 1948).

[37] В классической электродинамике доэйнштейновского периода эфир, с которым связывались все проявления электромагнетизма, наделялся свойствами диэлектрика. Это обстоятельство специально подчеркивал Л.И.Мандельштам в своих лекциях, посвященных физическим основам теории относительности (*Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М., 1972. С. 118, 135).

[38] Здесь и далее найденные Максвеллом выражения для законов электромагнетизма даются в современной форме их записи.

[39] *Максвелл Д.К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1954. С. 48.

[40] Там же. С. 78—80.

[41] Там же. С. 79—82.

[42] Там же. С. 45.

[43] Там же. С. 107—108.

[44] Там же.

[45] Там же. С. 132.

[46] Там же. С. 133—135.

[47] Там же. С. 169—170.

[48] См.: *Максвелл Д.К.* Статьи и речи. М., 1968. С. 315.

Глава V

Формирование и развитие теории в неклассической науке

Математическая гипотеза и ее эмпирическое обоснование

Стратегии теоретического исследования не являются раз навсегда данными и неизменными. Они исторически меняются по мере эволюции науки.

Начиная со времен Бэкона и Декарта, в философии и естествознании бытовало представление о возможности найти строгий, единственно истинный путь познания, который бы в любых ситуациях и по отношению к любым объектам гарантировал формирование истинных теорий. Этот идеал включался в основания классической науки. Он не отрицал изменчивости и многообразия ее конкретных методов, но в качестве цели, которой должен руководствоваться исследователь, провозглашал единую стратегию построения теории. Предполагалось, что вначале необходимо найти очевидные и наглядные принципы, полученные как обобщение опыта, а затем, опираясь на них, находить конкретные теоретические законы.

Эта стратегия полагалась единственно верным путем, методом, который только и приводит к истинной теории. Применительно к исследованиям физики она требовала создания целостной картины изучаемой реальности как предварительного условия последующего применения математических средств ее описания.

Развитие естествознания XX века заставило пересмотреть эти методологические установки. Критические замечания в адрес классической стратегии исследований начали высказываться уже в конце XIX столетия в связи с обнаружением исторической изменчивости фундаментальных принципов науки, относительности их эмпирического обоснования и наличия конвенциональных элементов при их принятии научным сообществом (эмпириокритицизм, конвенциализм и др.). Выраженные в философии этого исторического периода определенные сомнения в абсолютности классической методологии исследований можно расценить как предварительный этап формирования новой парадигмы теоретического познания. Но сама эта парадигма утвердилась в науке во многом благодаря становлению современной, квантово-релятивистской физики, первой из естественных наук, продемонстрировавшей неклассические стратегии построения теории.

Характеризуя их, известный советский физик, академик Л.И.Мандельштам писал: “Классическая физика большей частью шла так, что установление связи математических величин с реальными вещами предшествовало уравнениям, т.е. установлению законов, причем нахождение уравнений составляло главную задачу, ибо содержание величин заранее предполагалось ясным и для них искали уравнения. ...Современная теоретическая физика, не скажу — сознательно, но исторически так оно и было, пошла по иному пути. Это случилось само собой. Теперь прежде всего стараются угадать математический аппарат, оперирующий величинами, о которых или о части которых заранее вообще не ясно, что они обозначают”^[1].

Этот способ исследований, который стал доминирующим в физике XX столетия, был связан с широким применением особого метода, получившего название математической гипотезы или математической экстраполяции.

Общая характеристика этого метода заключается в следующем. Для отыскания законов новой области явлений берут математические выражения для законов близлежащей области, которые затем трансформируют и обобщают так, чтобы получить новые соотношения между физическими величинами. Полученные соотношения рассматривают в качестве гипотетических уравнений, описывающих новые физические процессы. Указанные уравнения после соответствующей опытной проверки либо приобретают статус теоретических законов, либо отвергаются как несоответствующие опыту^[2].

В приведенной характеристике отмечена главная особенность развития современных физических теорий: в отличие от классических образцов они начинают создаваться как бы с верхних этажей — с поисков математического аппарата — и лишь после того, как найдены уравнения теории, начинается этап их интерпретации и эмпирического обоснования. Правда, большего из воспроизведенной

характеристики математической гипотезы извлечь, пожалуй, нельзя. Дальнейшая конкретизация этой характеристики требует установить, каким образом формируется в науке математическая гипотеза и в чем заключается процедура ее обоснования.

В этом направлении сделаны пока лишь первые шаги. Прежде всего следует отметить интересные замечания С.И.Вавилова по поводу существования регулятивных принципов (соответствия, простоты и т. д.), которые целенаправляют поиск адекватных математических средств [3]. Особый круг проблем был поставлен автором термина “математическая экстраполяция” С.И.Вавиловым в связи с обсуждением природы корпускулярно-волнового дуализма. Было отмечено, что специфика математической гипотезы как метода современного физического исследования состоит не столько в том, что при создании теории перебрасываются математические средства из одной области в другую (этот метод всегда использовался в физике), сколько в особенностях самой такой переборки на современном этапе.

С.И.Вавилов подчеркивал, что математическая экстраполяция в ее современном варианте возникла потому, что наглядные образы, которые обычно служили опорой для создания математического формализма в классической физике, в настоящее время в квантово-релятивистской физике потеряли целостный и наглядный характер. Картина мира, принятая в современной физике, изображает специфические черты микрообъектов посредством двух дополнительных представлений — корпускулярного и волнового. В связи с этим оказывается невозможным выработать единую наглядную модель физической реальности как предварительную основу для развития теории. Приходится создавать теорию, перенося центр тяжести на чисто математическую работу, связанную с реконструкцией уравнений, “навеянных” теми или иными аналоговыми образами. Именно здесь и кроется необычность математической экстраполяции на современном этапе. “Опыт доводит до сознания отражение областей мира, непривычных и чуждых нормальному человеку. Для наглядной и модельной интерпретации картины не хватает привычных образов, но логика... облеченная в математические формы, остается в силе, останавливая порядок и связи в новом, необычном мире” [4].

При таком понимании математической гипотезы сразу же возникает вопрос об ее отношении к картине мира, учитывающей специфику новых объектов. Очевидно, что здесь в неявной форме уже поставлена и проблема эвристической роли картины мира как предварительного основания для поиска адекватных математических средств, применяемых при формулировке физических законов. Весь круг этих проблем нуждается в специальном обсуждении.

Особенности современных форм физической картины мира и их роль в выдвижении математических гипотез

Специфика современных картин мира может породить впечатление, что они возникают только после того, как сформирована теория, и поэтому современный теоретический поиск идет без их целенаправляющего воздействия.

Однако такого рода представления возникают в результате весьма беглого рассмотрения современных исследовательских ситуаций. Более глубокий анализ обнаруживает, что и в современном исследовании процесс выдвижения математических гипотез может быть целенаправлен онтологическими принципами картины мира.

Примером тому может служить становление квантовой электродинамики (о чем подробнее будет сказано в последующих разделах).

В этой связи важно подчеркнуть, что возникновение новых стратегий познания не отменяет предшествующих классических образцов. Они могут в

модифицированном виде воспроизводиться и в современном теоретическом поиске. Неклассические стратегии исследования могут сосуществовать рядом с классическими, взаимодействуя с ними и проявляясь в целом спектре вариаций — от явно альтернативных классическим образцам до гибридных, соединяющих некоторые черты классического и неклассического способов исследования.

В явно выраженных неклассических ситуациях теории действительно создаются до построения новой картины мира. И, тем не менее, вывод об исчезновении целенаправляющих функций картины мира в неклассических ситуациях, представляется поспешным. Здесь следует учесть два важных обстоятельства.

Первое касается процесса постановки проблем, с которого начинается построение фундаментальных теорий. И специальная теория относительности, и квантовая механика были инициированы обнаружением парадоксов в системе физического знания, которые возникали при соотнесении новых фактов и новых теоретических следствий, генерированных при целенаправляющем воздействии ранее сложившейся электродинамической картины мира, с самой этой картиной. Это были парадоксы, возникавшие при интерпретации в терминах картины мира следствий из преобразований Лоренца и следствий из планковского закона излучения абсолютно черного тела. Именно эти парадоксы трансформировались в проблемы, которые стимулировали теоретический поиск, приведший к построению специальной теории относительности и квантовой механики.

И хотя новая физическая картина мира возникла уже на завершающем этапе построения этих теорий, участие ее ранее сложившейся версии в постановке проблем позволяет говорить о сохранении определенных аспектов целенаправляющей роли картины мира также и в современном поиске.

Второе обстоятельство, связанное с ролью картины мира в построении современных теорий, можно определить как усиление значимости ее операциональных аспектов. В этом, пожалуй, и состоит главная особенность неклассических стратегий формирования новой теории. В современных условиях картины физической реальности создаются и реконструируются иначе, чем в классическую эпоху развития физики. Раньше они создавались как наглядные схемы строения и взаимодействия объектов природы, а их операциональная сторона, т. е. фиксация типа измерительных процедур, которые позволяют выявить соответствующие объекты, была представлена в завуалированной форме. В современную эпоху исследование пользуется, в известном смысле, противоположным методом. Будущая картина физической реальности фиксируется вначале как самая общая схема измерения, в рамках которой должны исследоваться объекты определенного типа. Новая картина мира на этом этапе дана только в зародыше, а структура исследуемой физической реальности определена через схему измерения: “природа имеет объективные свойства, выявляемые в рамках такого-то и такого типа измерений”. Причем сами эти свойства даются вначале в форме весьма приблизительного образа структуры исследуемых взаимодействий, посредством фрагментарных онтологических представлений, которые увязываются в систему благодаря экспликации операциональной схемы. И лишь впоследствии формируется относительно четкое и “квазинаглядное” представление о структурных особенностях той физической реальности, которая выявлена в данном типе измерений и представлена картиной мира. Примеры такого пути исследований можно обнаружить в истории современной физики. Обратимся, например, к эйнштейновскому творчеству того периода, когда вырабатывались основные идеи специальной теории относительности. Как известно, создание этой теории началось с обобщения принципа относительности и построения такой схемы пространственных и временных измерений, в которой учитывалась конечная скорость распространения сигналов, необходимых для синхронизации часов в

инерциальных системах отсчета. Эйнштейн вначале эксплицировал схему экспериментально-измерительных процедур, которая лежала в основании ньютоновских представлений об абсолютном пространстве и абсолютном времени. Он показал, что эти представления были введены благодаря неявно принятому постулату, согласно которому часы, находящиеся в различных системах отсчета, сверяются путем мгновенной передачи сигналов[5]. Исходя из того, что никаких мгновенных сигналов в природе не существует и что взаимодействие передается с конечной скоростью, Эйнштейн предложил иную схему измерения пространственных и временных координат в инерциальных системах отсчета, снабженных часами и линейками. Центральным звеном этой схемы была синхронизация часов с помощью световых сигналов, распространяющихся с постоянной скоростью независимо от движения источника света. Объективные свойства природы, которые могли быть выявлены в форме и через посредство данного типа экспериментально-измерительной деятельности, выражались в представлениях о пространственно-временном континууме, в котором отдельно взятые пространственный и временной интервалы относительны. Но в “онтологизированной” форме эти представления были выражены в физической картине мира позднее, уже после разработки специальной теории относительности. В начальной же фазе становления новой картины мира указанные особенности физической реальности были представлены в неразрывной связи с операциональной схемой ее исследования[6].

В определенном смысле эта же специфика прослеживается и в процессе становления квантовой картины физической реальности. Причем здесь история науки позволяет достаточно ясно проследить, как само развитие атомной физики привело к изменению классического способа построения картины мира.

В истории квантовой механики можно выделить два этапа: первый, который основывался на классических приемах исследования, и второй, современный этап, изменивший характер самой стратегии теоретического поиска .

Как бы ни были необычны представления о квантах электромагнитной энергии, введенные М. Планком, они еще не вызывали ломки в самом методе теоретического поиска. В конце концов представления Фарадея о полях сил были не менее революционны, чем идея дискретности электромагнитного излучения. Поэтому, когда после работ Планка представление о дискретности излучения вошло в электромагнитную картину мира, то это был революционный шаг, поскольку старая картина мира после введения нового элемента взрывалась изнутри. Но на классические методы построения картины мира, которая создавалась в форме наглядного образа природных взаимодействий, идеи Планка не оказали непосредственного влияния. Последующее развитие физики было связано с попытками создать квантовую картину реальности, руководствуясь идеалами классического подхода. В этом отношении показательны исследования де Бройля, который предложил новую картину физической реальности, включающую представление о специфике атомных процессов, введя “наглядное” представление об атомных частицах как неразрывно связанных с “волнами материи”. Согласно идее де Бройля, движение атомных частиц связано с некоторой волной, распространяющейся в трехмерном пространстве (идея волны-пилота). Эти представления сыграли огромную роль на начальных этапах развития квантовой механики. Они обосновывали естественность аналогии между описанием фотонов и описанием электронов, обеспечив перенос квантовых характеристик, введенных для фотона, на электроны и другие атомные частицы (картина физической реальности, предложенная де Бройлем, обеспечила выбор аналоговых моделей и разработку конкретных теоретических схем, объясняющих волновые свойства электронов).

Однако дебройлевская картина мира была “последней из могикан” наглядного применения квазиклассических представлений в картине физической реальности. Попытки Шредингера развить эту картину путем введения представлений о частицах как волновых пакетах в реальном трехмерном пространстве не имели успеха, так как приводили к парадоксам в теоретическом объяснении фактов (проблема устойчивости и редукции волнового пакета). После того как М. Борн нашел статистическую интерпретацию волновой функции, стало ясно, что волны, “пакет” которых должен представлять частицу, являются “волнами вероятности”. С этого момента стремление ввести наглядную картину мира, пользуясь классическими образами, все больше воспринимается физиками как анахронизм. Становится ясным, что образ корпускулы и образ волны, необходимые для характеристики квантового объекта, выступают как дополняющие друг друга, но несовместимые в рамках одного наглядного представления.

Развитие науки свидетельствовало, что новый тип объекта, который изучает квантовая физика, крайне непохож на известные ранее объекты, и, выражаясь словами С. И. Вавилова, “для наглядной и модельной интерпретации его картины не хватает привычных образов”. Однако общая картина исследуемой реальности была по-прежнему необходима, так как она определяла стратегию теоретического поиска, целенаправляя выбор аналоговых моделей и математических средств для выдвижения продуктивных гипотез.

В этих условиях совершился поворот к новому способу построения картины мира, в разработке которого выдающуюся роль сыграл Н. Бор. Картина физической реальности стала строиться как “операциональная схема” исследуемых объектов, относительно которых можно сказать, что их характеристики — это то, что выявляется в рамках данной схемы. Подход Бора заключался не в выдвижении гипотетических представлений об устройстве природы, на основе которых можно было бы формировать новые конкретные теоретические гипотезы, проверяемые опытом, а в анализе схемы измерения, посредством которой может быть выявлена соответствующая структура природы.

Нильс Бор одним из первых исследователей четко сформулировал принцип квантово-механического измерения, отличающийся от классической схемы. Последняя была основана на вычленении из материального мира себестождественного объекта. Предполагалось, что всегда можно провести жесткую разграничительную линию, отделяющую измеряемый объект от прибора, поскольку в процессе измерения можно учесть все детали воздействия прибора на объект. Но в квантовой области специфика объектов такова, что детализация воздействия прибора на атомный объект может быть осуществлена лишь с точностью, обусловленной существованием кванта действия. Поэтому описание квантовых явлений включает описание существенных взаимодействий между атомными объектами и приборами[7].

Общие особенности микрообъекта определяются путем четкого описания характеристик двух дополнительных друг к другу типов приборов (один из которых применяется, например, для измерения координаты, а другой — импульса) . Дополнительное описание представляет способ выявления основных и глубинных особенностей квантового объекта.

Все эти принципы вводили “операциональную схему”, которая была основанием новой картины мира, создаваемой в квантовой физике. Посредством такой схемы фиксировались (в форме деятельности) существенные особенности квантового объекта. Этот объект, согласно новому способу видения, представлялся как обладающий особой “двухуровневой” природой: микрообъект в самом своем существовании определялся макроусловиями и неотделим от них. “Квантовая механика, — писал по этому поводу Д.Бом — приводит к отказу от допущения,

которое лежит в основе многих обычных высказываний и представлений, а именно, что можно анализировать отдельные части вселенной, каждая из которых существует самостоятельно...”[8]. Но этот образ квантового объекта пока еще не дифференцирован и не представлен в форме системно-структурного изображения взаимодействий природы. Поэтому следует ожидать дальнейшего развития квантово-релятивистской картины мира. Возможно, оно и приведет к таким представлениям о структуре объектов природы, в которые квантовые свойства будут включены в качестве естественных характеристик. В таком развитии решающую роль сыграют не только новые достижения квантовой физики, но и философский анализ, подготавливающий использование новых системных представлений для описания физической реальности.

В этом отношении, по-видимому, чрезвычайно перспективен подход к квантовым объектам как к сложным самоорганизующимся системам. Обсуждению этой проблематики посвящена уже достаточно обширная литература, в том числе и отечественная. Еще в 70-х годах были предприняты попытки интерпретировать специфику квантово-механического описания в терминах сложных систем. Так, Ю.В.Сачков обратил внимание на двухуровневую структуру понятийного аппарата квантовой механики: наличие в теории понятий, с одной стороны, описывающих целостность системы, а с другой — выражающих типично случайные характеристики объекта[9]. Идея такого расчленения теоретического описания соответствует представлению о сложных системах, которые характеризуются, с одной стороны, наличием подсистем со стохастическим взаимодействием между элементами, а с другой — некоторым “управляющим” уровнем, который обеспечивает целостность системы.

Мысль о том, что квантово-механические представления могут быть согласованы с описанием реальности в терминах сложных, саморегулирующихся систем высказывалась также Г.Н.Поваровым[10], В.И.Аршиновым[11], эта идея была развита и в моих работах 70-х годов[12].

В зарубежной литературе тех лет сходные представления (с большей или меньшей степенью детализации) можно найти в работах физиков Дж.Чу, Г.Стаппа, Д.Бома, В.Хили, в философских трудах Ф.Капры и др.

В концепции “бутстрапа” Дж.Чу, возникшей на базе S-матричного подхода, предлагалась картина физической реальности, в которой все элементарные частицы образуют системную целостность. Они как бы зашнурованы друг с другом порождающими реакциями, но ни одна из них не должна рассматриваться как фундаментальная по отношению к другим[13]. В этом же русле разрабатывал представления о физической реальности американский физик-теоретик Г.Стапп. Он особое внимание уделил идеям нелокальности, невозможности в квантовомеханическом описании одновременно совмещать требования причинности и локализации микрообъектов. Такая несовместимость выражена в принципе дополнителности (дополнительность причинного и пространственного описания). Соответственно этим идеям Стапп очертил контуры новой онтологии, согласно которой физический мир представляет собой системное целое, несводимое к динамическим связям между составляющими его элементами. Кроме каузальных связей, по мнению Стаппа, решающую роль играют несиловые взаимодействия, объединяющие в целое различные элементы и подсистемы физического мира. В результате возникает картина паутинообразной глобальной структуры мира, где все элементы взаимосогласованны. Любая локализация и индивидуализация элементов в этой глобальной структуре относительна, определена общей взаимозависимостью элементов[14]. С позиций этих представлений о взаимообусловленности локального и глобального Стапп интерпретирует принципиально вероятностный характер результатов измерений в квантовой физике.

В концепциях Дж.Чу и Х.Стаппа внимание акцентировалось на идее системной целостности мира, но оставалась в тени проблема уровневой иерархии элементов, выступающая важнейшей характеристикой сложных, саморегулирующихся систем. Представление о паутинообразной сети, где все элементы и подструктуры взаимно скоррелированы, не создавало достаточных стимулов для разработки идей об относительной фундаментальности и сложности элементов и их связей, находящихся на разных уровнях иерархической организации. Возможно, эти особенности концепции “бутстрапа” привели к ослаблению интереса к ней в среде физиков по мере разработки кварковой модели элементарных частиц.

Но сама идея об относительности локализации и индивидуализации физических объектов и событий, их обусловленности свойствами системного целого была тем необходимым и важным аспектом, который учитывался и воспроизводился в большинстве современных попыток построить целостную физическую картину мира, включающую квантовые и релятивистские представления.

Этот подход был достаточно отчетливо представлен и в исследованиях Д.Бома, стремившегося решить проблему квантово-механической онтологии. Как подчеркивал Бом, система представлений о физическом мире должна преодолеть свойственный классике подход, согласно которому постулируется существование локальных, потенциально изолируемых элементов и событий, связанных между собой динамическими связями. Новая картина физической реальности, по мнению Бома, должна базироваться на представлениях об относительной локальности, зависящей от целого Вселенной и о нединамических отношениях, которые, наряду с динамическими, определяют структуру мироздания. Образ реальности, отдельные подструктуры и элементы которой взаимно скоррелированы, Бом иллюстрирует аналогией единого рисунка на ковре, где нет смысла считать части рисунка порождающими целое благодаря их динамическому взаимодействию[15]. Их индивидуализация осуществляется через включение в целое и отношение к другим частям целого. В этом пункте предлагаемые Бомом образы реальности резонируют с представлениями Стаппа. Но в концепции Бома был сделан новый шаг. В ней предлагалось рассматривать мир как некоторую упорядоченность, которая организуется как иерархия различных порядков. Каждый тип порядка, по мнению Бома, характеризуется присущей ему нелокальностью и несиловыми взаимодействиями. Он особо подчеркивает, что нелокальность и несиловые корреляции проявляются не только в микромире, но и в макроскопических масштабах. В совместной с Б.Хили работе Д.Бом приводит в качестве примера экспериментально установленные факты корреляции далеко отстоящих друг от друга атомов в сверхтекучем гелии. Эти корреляции исчезают при высоких температурах, когда вследствие увеличения случайных соударений атомов возникает эффект вязкого трения, но они восстанавливаются при понижении температуры меньше ее определенной пороговой величины[16].

Что же касается концепции нелокальности в микромире, то здесь важнейшим ее проявлением выступает краеугольная для квантовой физики редукция волновой функции. Еще в эпоху дискуссий Бора и Эйнштейна 30-х годов обсуждался так называемый парадокс Эйнштейна—Подольского—Розена (ЭПР-парадокс), сущность которого сводится к следующему. Двум взаимодействующим частицам приписывается волновая функция, и затем частицы разлетаются на расстояние, при котором их динамическое взаимодействие считается пренебрежимо малым. Но если произвести измерение величин, характеризующих состояние (например, импульса или координаты) одной частицы, то происходит редукция волновой функции и тем самым автоматически меняется состояние другой частицы. Эйнштейн рассматривал этот мысленный эксперимент как парадокс, свидетельствующий о неполноте квантовой механики. Но в последующих дискуссиях относительно интерпретации

ЭПР-парадокса, в том числе в обсуждениях 70-х годов, было показано, что он приводит к противоречию, если неявно принимается принцип локальности, который предполагает возможность сепарировать систему и проводить измерение ее пространственно разделенных и далеко отстоящих частей независимо друг от друга[17].

Однако если отказаться от абсолютности принципа локальности и предположить его только относительную и ограниченную применимость, то допускается возможность нелокального взаимодействия. ЭПР-парадокс тогда интерпретируется как проявление нелокальности.

В предлагаемой Бомом картине мира постулируется существование некоторого скрытого порядка, внутренне присущего сети космических взаимоотношений, который организует все другие виды порядков во Вселенной. Идею этого скрытого порядка Бом разъясняет посредством еще одной наглядной аналогии (наряду с ранее примененным образом рисунка на ковре). Он использует метафору голограммы, в которой освещение любого локального участка позволяет увидеть все изображение в целом, хотя и с меньшей детализацией, чем то, которое возникает при освещении всей голограммы. Понятие скрытого порядка и иерархии порядков Бом пытается увязать с представлениями о структуре пространства. Опираясь на идеи общей теории относительности о взаимосвязи между тяготеющими массами и кривизной, он допускает возможность расширения и обобщения этих идей в рамках гипотезы о топологических свойствах пространства, скоррелированных с типами порядка, возникающими во Вселенной. Эти идеи развивают также Хили и другие сторонники исследовательской программы Бомы[18].

Эта программа, как и исследования Дж.Чу и Х.Стаппа, могут быть рассмотрены в качестве вариантов некоторого общего подхода к построению физической картины мира, использующего идеи нелокальности, несиловых взаимодействий и образы сложной саморегулирующейся системы, где свойства элементов и частей обусловлены свойствами целого, а вероятностная причинность выступает базисной характеристикой.

Философско-методологическим основанием этого подхода является отказ от методологии “элементаризма”, которая долгое время доминировала в физике и которая полагала, что свойства физических систем исчерпывающе описываются характеристиками составляющих их элементов.

Противоположный элементаризму холистский, организмический подход исходит из представлений о нередуцируемости свойств целого к свойствам элементов и их взаимодействиям[19].

Организмический подход развивался преимущественно при исследовании биологических и социальных объектов. Его перенос на системы неорганической природы был стимулирован разработкой кибернетики, теории информации и общей теории систем.

Направление исследований, осуществляемое в различных вариантах в концепциях Дж.Чу, Х.Стаппа и Д.Бомы основано на применении организмической методологии при построении физической картины мира. Ф.Капра считает, что концепции Бомы и Чу “представляют собой два наиболее изобретательных в философском отношении подхода к описанию физической действительности”[20]. Он отмечает их сближение, поскольку в последующих версиях концепции “бутстрапа” сделаны попытки рассмотреть элементы S-матрицы как типы порядков и связать их с геометрией пространства-времени. “Обе эти концепции, — пишет Капра, — исходят из понимания мира как динамической сети отношений и выдвигают на центральное место понятие порядка, оба используют матрицы в качестве средства описания, а топологию — в качестве средства более точного определения категорий порядка”[21].

Капра подчеркивает далее, что в картине мира, предлагаемой Чу, Стаппом и Бомом элементарные частицы предстают не как неизменные кирпичики мироздания, а как динамические структуры, “энергетические пучки”, которые формируют объекты, принадлежащие к более высоким уровням организации. “Современные физики, — пишет Капра, — представляют материю не как пассивную и инертную, а как пребывающую в непрестанном танце и вибрации, ритмические паттерны которых определяются молекулярными, атомарными и ядерными структурами... Природа пребывает не в статическом, а в динамическом равновесии”[22].

В этом плане уместно подчеркнуть, что предлагаемый здесь образ мироздания как динамики физических процессов, их взаимных корреляций и иерархии порядков, — это скорее образ саморегулирующейся системы, где массовые, стохастические взаимодействия на разных уровнях организации регулируются целым и воспроизводят целое. Классический образ мира как простой машины, доминировавшей в классической физике, заменяется здесь образом Вселенной как самоорганизующегося автомата.

Однако в этой связи уместно зафиксировать и ограниченность таких подходов к построению современной физической картины мира, которые сопряжены с образами сложной самоорганизующейся системы, воспроизводящей в динамике изменений основные характеристики целого как иерархии порядков.

Самоорганизация не сводится только к процессам воспроизводства динамического порядка и уровневой организации системы, хотя и обязательно предполагает этот аспект. Другим ее аспектом выступает необратимое изменение и развитие, связанное с появлением новых уровней организации и переходами от одного типа саморегуляции к другому. Учет этих аспектов требует применения более сложных образов системной организации, а именно, образов сложных, исторически развивающихся систем. Представления о таких системах включает в качестве особого аспекта идею динамического равновесия, но только в качестве одного из состояний неравновесных процессов, характеризующихся изменением типа динамического равновесия и переходами от одного такого типа к другому.

В современной науке наиболее адекватной этому видению является исследовательская программа, связанная с разработкой динамики неравновесных процессов (И.Пригожин) и синергетики (Г.Хакен, М.Эйген, Г.Николис, Э.Ласло, С.Курдюмов, Г.Малинецкий, Ю.Климантович и др.). Синергетическая парадигма принципиально иначе, чем классическая физика, оценивает место и роль во Вселенной неравновесных и необратимых процессов и их соотношение с равновесными, обратимыми процессами. Если в классической физике неравновесные процессы представляли как своего рода вырождение ситуации, то новая парадигма именно их ставит в центр внимания, рассматривая как путь к порождению устойчивых структур.

Устойчивости возникают не вопреки, а благодаря неравновесным состояниям. В этих состояниях даже небольшие флуктуации, случайные воздействия порождают аттракторы, выводящие к новой организации; «на всех уровнях, будь то уровень макроскопической физики, уровень флуктуаций или микроскопический уровень, источником порядка является неравновесность. Неравновесность есть то, что порождает “порядок из хаоса”»[23].

Описание в терминах самоорганизующихся систем поведения квантовых объектов открывает новые возможности построения квантовомеханической онтологии.

И.Пригожин подчеркивает, что особенности квантовомеханического измерения, связанного с редукцией волновой функции, можно истолковать как следствие неустойчивости внутренне присущей движению микрообъектов, а измерение как необратимый процесс порождения устойчивостей в динамическом хаосе.

С позиций возникновения порядка из хаоса принципиальная статистичность предсказаний квантовой механики предстает уже не как результат активности наблюдателя, производящего измерения, а как выражение существенных характеристик самой природы.

Причем нелокальности, проявляющиеся в поведении микрообъектов, как подчеркивают И. Пригожин и К. Джордж, связаны с ростом когерентности квантовых ансамблей по сравнению с классической динамикой[24]. Когерентность же выражает особое свойство самоорганизующихся систем, связанное с их нелинейностью и способностью к кооперативным эффектам, основанным на несиловых взаимодействиях.

“В нашем подходе, — отмечают И.Пригожин и И.Стенерс, — мир следует одним и тем же законам с измерением или без измерений”[25]; “...введение вероятностей при нашем подходе совместимо с физическим реализмом, и его не требуется идентифицировать с неполнотой нашего знания. Наблюдатель более не играет активной роли в эволюции природы или по крайней мере играет отнюдь не большую роль, чем в классической физике. И в том, и в другом случае мы можем претворить в действие информацию, получаемую из внешнего мира”[26].

Весьма интересны результаты, полученные С.П. Курдюмовым при решении задач, связанных с математическим описанием режимов обострения в нелинейной среде. Эти режимы являются существенной характеристикой поведения синергетических систем, а их математическое описание основано на нелинейных связях пространственно-временных координат. Развиваемый применительно к таким ситуациям аппарат, оказывается эффективным в приложении к квантово-механическим задачам. Он позволяет получить уравнение Шредингера и дать объяснение квантованию как выражению свойств нелинейной среды[27].

Возможно, что с развитием всех этих подходов квантовая картина мира со временем предстанет в объективированной форме, изображающей структуру природы “саму по себе”.

Но для рассмотрения современных особенностей теоретического поиска важно, что в начальных фазах становления картин мира современной физики акцент перенесен на “операциональную сторону” видения реальности. Именно эта операциональная сторона прежде всего определяет поиск математических гипотез.

Весьма показательны, что современный теоретико-групповой подход прямо связывает принципы симметрии, основанные на различных группах преобразований, со свойствами приборов, осуществляющих измерение[28]. Попытка использовать в физике те или иные математические структуры в этом смысле определяется выбором схемы измерения как “операциональной стороны” соответствующей картины физической реальности.

Поскольку сам исходный пункт исследования — выбор картины мира как операциональной схемы — часто предполагает весьма радикальные изменения в стратегии теоретического поиска, постольку он требует философской регуляции. Но в отличие от классических ситуаций, где выдвижение картины мира прежде всего было ориентировано “философской онтологией”, в современных физических исследованиях центр тяжести падает на гносеологическую проблематику. Характерно, что в регулятивных принципах, облегчающих поиск математических гипотез, явно представлены (в конкретизированной применительно к физическому исследованию форме) положения теоретико-познавательного характера (принцип соответствия, простоты и т. д.).

По-видимому, именно на пути анализа этих проблем (рассматривая всю цепь отношений: философия — картина мира — аналоговая физическая модель — математика — математический аппарат физической теории) можно будет выявить более подробно механизмы формирования математической гипотезы.

С этой точки зрения ценность обсуждения метода математической гипотезы в философско-методологической литературе состояла не столько в самой констатации существования данного метода, сколько в постановке и первых попытках решения описанных выше задач.

Однако, отдавая должное актуальности поднятой проблематики, хотелось бы подчеркнуть, что, делая акцент на эвристической ценности математических методов, нельзя упускать из виду и другую, не менее важную сторону теоретического исследования, а именно процесс построения теоретической схемы, обеспечивающей интерпретацию вводимого математического формализма. Недостаточно детально проведенный анализ этой стороны теоретического исследования приводит к неявному введению ряда упрощающих положений, которые верны только в плане общей формулировки, но, если они применяются без достаточной конкретизации, могут породить неверные представления. К такого рода положениям относятся:

1. Допущение, что сама экспериментальная проверка математической гипотезы и превращение ее в физическую теорию — вполне очевидная процедура, которая состоит в простом сопоставлении всех следствий гипотезы с данными опыта (гипотеза принимается, если ее следствия соответствуют опыту, и отбрасывается, если они противоречат опыту); 2. Предположение, что математический аппарат развитой теории может быть создан как результат движения в чисто математических средствах, путем математической экстраполяции, без какого бы то ни было построения промежуточных интерпретационных моделей.

Постараемся показать, что такого рода представления о формировании современной теории недостаточно корректны.

Для этой цели разберем вначале ситуацию построения частных теоретических схем, а затем обратимся к процессу создания развитой теории. В качестве первой выберем теоретическую схему, лежащую в основании дираковской теории релятивистского электрона, в качестве второй — квантовую электродинамику (теорию взаимодействия квантованного электромагнитного и квантованного электронно-позитронного поля).

Предварительно отметим, что трактовка теории Дирака как теоретического знания, соответствующего уровню частных теоретических схем, может быть проведена лишь с учетом того, что она была ассимилирована развитой теорией — квантовой электродинамикой и вошла в ее состав в трансформированном виде в качестве фрагмента, описывающего один из аспектов электромагнитных взаимодействий в квантовой области. По степени общности теория релятивистского электрона превосходит такие классические образцы частных теоретических схем и законов, как, допустим, систему теоретических знаний о колебании маятника (модель Гюйгенса) или развитые Фарадеем знания об электромагнитной индукции.

Но в том и заключается одна из особенностей метода математической гипотезы, что она как бы поднимает на новую ступень обобщения частные теоретические схемы и законы, позволяя начинать построение развитой теории с синтеза теоретических знаний большей степени общности (по сравнению с классическими образцами).

Проблема эмпирической проверки математической гипотезы

В классической физике ход исследования шел таким путем, что вначале создавалась теоретическая модель (она вводилась как гипотетическая конструкция, а затем специально доказывалось, что в ней содержатся существенные черты обобщаемых экспериментальных ситуаций) и лишь после этого выводились математические выражения для законов теории. Последние возникали как результат выявления связей абстрактных объектов теоретической модели и выражения их в языке математики. Вводимые таким способом уравнения сразу же получали адекватную интерпретацию и связь с опытом.

При таком построении не было трудностей в эмпирическом обосновании уравнений. Но в современной физике дело обстоит иначе. Физика, применяя метод математической гипотезы, стала создавать уравнения до построения правил соответствия, которые связывают величины, фигурирующие в уравнениях, с объектами опыта, и тогда возникли определенные затруднения, связанные с поиском интерпретации уравнений[29].

Нам хотелось бы подчеркнуть, что суть этих затруднений состоит не в том, что на первых порах математическая гипотеза вводится без какой бы то ни было интерпретации. В таком случае гипотетические уравнения вообще не могли бы претендовать на роль выражений для физических законов, а были бы только формулами чистой математики. Коль скоро определенные символы в уравнениях рассматриваются как физические величины, интерпретация уравнений неявно предполагается. Но все дело в том, что гипотетическим уравнениям первоначально, как правило, приписывается неадекватная интерпретация. Объясняется это следующим. При формулировке математической гипотезы перестраиваются уравнения, ранее выражавшие физические законы некоторой области. Такие выражения были соединены с соответствующей теоретической моделью (схемой), которая обеспечивала их интерпретацию. Величины, связанные в них, фиксировали признаки абстрактных объектов данной модели. Но как только исходное уравнение было подвергнуто перестройке, то тем самым физические величины получили новые связи, а значит, и новые определения в рамках новых уравнений. Однако в мышлении физика эти величины по-прежнему соединены с представлениями об абстрактных объектах старой теоретической модели. Поэтому, осуществив математическую экстраполяцию вместе с физическими величинами, связи которых устанавливаются в уравнении, он заимствует такие объекты и пытается их использовать с тем, чтобы интерпретировать полученные уравнения. В соответствии с новыми связями физических величин в уравнениях он приписывает абстрактным объектам новые признаки и устанавливает их корреляции. Так появляется гипотетическая модель, которая выдается за изображение существенных черт новой области взаимодействий. Однако в качестве таковой она не обоснована. Не проверено, можно ли вывести составляющие ее объекты (с их новыми признаками) путем идеализаций и предельных переходов из реальных предметных отношений новой области. Поэтому очень велика вероятность, что гипотетическая интерпретация новых уравнений окажется неверной. В этом случае, если сразу проверить уравнения, сопоставляя их с данными эксперимента, результаты проверки могут привести к рассогласованию уравнений с опытом, даже если уравнения продуктивны.

Чтобы рассмотреть эту сторону вопроса подробно, разберем уже ставший хрестоматийным пример: обоснование релятивистского уравнения Дирака. Известно, что, построив в полном соответствии с канонами метода математической гипотезы систему четырех линейных дифференциальных уравнений первого порядка для четырех независимых волновых функций, Дирак получил в качестве одного из основных математических следствий такие решения, которые соответствовали отрицательным значениям массы покоя (полной энергии) для свободной частицы.

Обычно считают, что сравнение с опытом этих следствий сразу привело к предсказанию позитрона. Однако в действительности дело обстояло намного сложнее. Первоначальное сопоставление следствий уравнений Дирака с опытом привело к таким предсказаниям, после которых уравнение казалось невозможно спасти.

Наиболее экстравагантными и явно противоречащими опыту были выводы о возможности самопроизвольного исчезновения электронов и, как следствие, о неустойчивости атома водорода.

Нетрудно убедиться, что эти выводы настолько резко противоречили всему экспериментальному багажу атомной физики, что их было бы достаточно, чтобы отвергнуть уравнение Дирака как неудачную математическую экстраполяцию. Но все дело в том, что указанные следствия были навязаны не свойствами уравнения Дирака, а его первоначальной интерпретацией. Поскольку уравнение было получено из классического соотношения между массой и энергией для одной частицы и содержало обычное выражение для квантовомеханического оператора импульса этой частицы, постольку совершенно естественным казалось, что уравнение Дирака описывает поведение отдельно взятой квантовомеханической частицы в условиях, когда с нее сняты нерелятивистские ограничения[30]. Иначе говоря, модификация традиционных квантовомеханических уравнений в релятивистское уравнение для электрона сопровождалась введением новой системы абстрактных объектов, которые заимствовались из теоретических моделей нерелятивистской квантовой механики и наделялись новыми признаками. Решение уравнений Дирака указывало на существование областей с положительной и отрицательной энергией, разделенных энергетическим барьером; в $2mc^2$. Тем самым уравнения вводили следующую систему абстрактных, теоретических объектов: “частица” (в квантовомеханическом смысле, но способная двигаться с релятивистскими скоростями), “область положительных энергий” и “область отрицательных энергий”. В соответствии с общими принципами квантовой механики частица с зарядом e и массой m , оказывалась способной проходить сквозь барьер между этими областями под влиянием сколь угодно малого электромагнитного воздействия и попадать в область отрицательных энергий. Ввиду того, что уравнение Дирака не содержало никаких ограничений “снизу” на возможную величину отрицательной энергии ($-\infty < E \leq -mc^2$), следовало, что любая частица, однажды попав в область с отрицательной энергией и стремясь к состоянию с наименьшей энергией (принцип устойчивости системы), должна падать в бездонную энергетическую яму, с равной нулю вероятностью вновь возвратиться в область положительных энергий. Нетрудно заметить, что указанные выше парадоксальные выводы из уравнения Дирака так или иначе были связаны с такого рода эффектом “бесследного” исчезновения частиц (электронов) из наблюдаемой области при их попадании в зону с отрицательной энергией.

Эти парадоксальные следствия были впервые обнаружены Клейном вскоре после публикации теории релятивистского электрона. И они вызвали настороженное отношение к теории Дирака у многих известных физиков того времени. Так, В.Паули констатировал, что парадокс Клейна, согласно которому электроны могут преодолевать барьеры высотой порядка mc^2 и попадать из области положительных энергий в область отрицательных энергий, выступает кардинальной трудностью теории Дирака[31].

“Состояния с отрицательной энергией, — писал Паули, — не имеют никакого физического смысла. Однако, в отличие от классической релятивистской механики, исключить состояния с отрицательной энергией для свободных электронов в квантовой теории Дирака в общем случае невозможно”[32].

Пример с историей квантово-релятивистского уравнения Дирака весьма поучителен в методологическом отношении. Этот пример показывает, что первичная теоретическая модель, которая вводится вместе с математической экстраполяцией, может оказаться неверной и поставить под угрозу даже продуктивные уравнения. Отсюда возникает важная особенность обоснования математической гипотезы. На первом этапе такого обоснования проверка уравнений

данными опыта еще не позволяет заключить, пригодны или непригодны сами уравнения для описания новой области явлений. Даже тогда, когда выводы из уравнений не согласуются с опытом, не следует, что их нужно отбросить как неудачную гипотезу. Рассогласование с опытом служит лишь сигналом, что в едином образовании “уравнения плюс интерпретация” какая-то из частей не адекватна новой области явлений. Исследователь заранее не знает, какая именно часть (можно говорить о продуктивности уравнений лишь ретроспективно, зная их роль в истории физики, как, например, в случае с уравнением Дирака).

Однако, поскольку первоначальная интерпретация уравнений носит гипотетический характер, весьма вероятно, что именно она ответственна за противоречия между следствиями из уравнений и данными эксперимента. Поэтому, если обнаружено рассогласование уравнений с опытом, начинается второй этап эмпирического обоснования математической гипотезы. На этом этапе происходит изменение первоначальной интерпретации путем перестройки исходной гипотетической модели, в которой ранее выполнялись уравнения, в новую модель. Чтобы проиллюстрировать характерные особенности этого процесса, вернемся к примеру с уравнением Дирака.

После того как было обнаружено рассогласование уравнения с опытом, Дирак перестроил первоначальную его интерпретацию. Он отказался трактовать это уравнение как описание поведения одной частицы. Теоретическая модель, благодаря которой математический формализм Дирака превратился в эффективно работающий аппарат, была связана с идеей многочастичных систем. В этой модели для свободных частиц запрещалась область отрицательных энергий, несмотря на то, что наличие двух знаков для параметра энергии являлось прямым математическим следствием строгого решения уравнения. Этот запрет был получен с помощью использования принципа Паули, сформулированного, как известно, для системы электронов. Все состояния с отрицательной энергией в рамках новой интерпретации предполагались целиком заполненными электронами. Такой “квазиконтинуум” электронов, согласно принципу Паули, внешне никак не мог себя проявить, поскольку перемещение (движение) электронов внутри континуума, будучи необходимым условием его экспериментального обнаружения, предполагает изменение энергии электронов, что невозможно, поскольку все энергетические состояния уже заполнены [33]. Единственная возможность обнаружить хотя бы один экземпляр из этого континуума заключалась в переводе частицы в зону с положительной энергией, где имелись свободные уровни. Этого можно было добиться при энергетических воздействиях величиной не менее чем $2mc^2$ (величина энергетического барьера). Но при такого рода извлечении электрона из континуума образуется “свободное место” (дырка), которое ведет себя как состояние с положительным зарядом и положительной энергией (поскольку для того, чтобы ликвидировать это состояние, нужно, по определению, поместить туда электрон с отрицательной энергией). Данное “незаполненное состояние” уже может проявлять себя экспериментально. “Дырка” в континууме электронов может быть заполнена электроном из соседней ячейки континуума, в которую может “перескакивать” электрон из другой ячейки, и т. д. Эффективно этот процесс должен проявляться как принципиально наблюдаемое движение положительного заряда с положительной энергией. Так из самих свойств новой модели естественно следовало предсказание позитронов.

Правда, интерпретация “дырки” как позитрона тоже потребовала определенных творческих усилий. Дирак вначале ассоциировал “дырку” с протоном. Но вскоре Р.Оппенгеймер установил, что если “дырку” интерпретировать в качестве протона, то такая интерпретация сохраняет вытекавший из парадокса Клейна вывод о неустойчивости атома водорода (время жизни атома водорода оказывалось порядка

10^{-10} сек). Чтобы найти выход из этого противоречия, Оппенгеймер предложил рассматривать “дырки” как положительные электроны, отличные от протонов. Он же ввел термин “позитрон”[34]. Г.Вейль показал, что масса дырок должна совпадать с массой электрона. Примерно спустя три года после новой интерпретации Дираком квантово-релятивистского уравнения для электрона, в 1932 г. К.Андерсон обнаружил позитрон экспериментально.

Согласно новой интерпретации уравнения Дирака, всякая появившаяся в континууме “дырка” (позитрон) может быть уничтожена, когда в нее попадает электрон из зоны положительных энергий. Такой переход электрона должен сопровождаться выделением квантов энергии (величиной не менее $2 mc^2$), подобно тому как выделяется энергия при захвате свободного электрона атомом, у которого был предварительно удален электрон с одной из внутренних оболочек. Нетрудно заметить, что из свойств новой теоретической модели прямо вытекала идея аннигиляции.

Проведенная Дираком реинтерпретация своего уравнения устранила рассогласование последнего с опытом. Уравнение не только было приведено в соответствие с экспериментами, но и позволило предсказать совершенно неожиданные явления: существование позитронов и эффект аннигиляции и рождения пар.

Новая теоретическая схема, обеспечившая адекватную связь квантово-релятивистского уравнения для электрона с опытом при ее соотнесении с физической картиной мира, вводила принципиально новые представления об электромагнитных взаимодействиях. В физической картине мира появлялись новые представления об электронно-позитронном вакууме как особом состоянии физического мира, активно проявляющегося во взаимодействиях электронов, позитронов и фотонов.

Новая интерпретация уравнения Дирака, после выяснения всех деталей ее физического содержания, в довольно короткий срок была принята научным сообществом. И те физики, которые на первых порах скептически относились к теории Дирака, пересмотрели свою первоначальную оценку теории. Показательно, например, изменение позиции Паули, который, отмечая изящное использование Дираком в его новой интерпретационной схеме принципа запрета, признавал перспективы, открываемые в связи с представлениями о физическом вакууме как потенциальном генераторе рождения частиц.

В своей Нобелевской лекции, прочитанной 13 декабря 1946 г., Паули, оценивая с исторической дистанции открытие Дирака, писал: “...Ответ П.Дирака привел к тому, что могло бы на самом деле получиться при применении принципа запрета. В своем докладе, прочитанном в Стокгольме, Дирак сам рассказал о своем предложении по новому интерпретировать его теорию, согласно которой в истинном вакууме все состояния с отрицательной энергией должны быть заполненными, и наблюдаемыми следует считать только отклонения от этого состояния с минимальной энергией, а именно дырки в море этих заполненных состояний. Именно принцип запрета гарантирует устойчивость вакуума, в котором все состояния с отрицательной энергией заполнены. Кроме того, дырки обладают всеми свойствами частиц с положительной энергией и положительным зарядом, поскольку они могут рождаться и уничтожаться парами во внешних электромагнитных полях. Предсказанные таким образом позитроны, эти точные зеркальные изображения электронов, действительно были обнаружены экспериментально.

Новая интерпретация, очевидно, принципиально отказывается от точки зрения, характерной для одночастичной задачи, и с самого начала рассматривает задачу многих частиц”[35].

Разобранный пример, на наш взгляд, позволяет отметить ряд особенностей экспериментального обоснования математической гипотезы, связанных с построением новой интерпретации уравнений. В общем плане, конечно, известно, что, когда математическая гипотеза не подтверждается опытом, исследователь ищет новую интерпретацию. Но мы хотели бы обратить внимание на следующие механизмы такого поиска.

Во-первых, важно, что исходным материалом для создания новой интерпретации служат абстрактные объекты первоначально введенной модели. Когда Дирак строил новую модель, то он применял уже имевшиеся абстрактные объекты “частица”, “область положительных энергий” и “область отрицательных энергий”, подвергнув изменению только последний объект (у которого был элиминирован признак “иметь свободные энергетические уровни”).

Исследователь не просто создает новую интерпретацию на “голом месте”, а использует в качестве строительного материала абстрактные объекты, введенные ранее, в ходе самого построения математической гипотезы.

Во-вторых, важным фактором, целенаправляющим создание новой интерпретации, является требование, чтобы теоретическая модель была обоснована как идеализированная схема взаимодействий, проявляющихся в реальных экспериментальных ситуациях. Именно это заставляет исследователя перестраивать абстрактные объекты, отыскивая корреляты их признаков в реальных взаимодействиях, наблюдаемых в опыте. Уже в ходе первичной опытной проверки математических гипотез выясняется, какие из абстрактных объектов не удовлетворяют этому требованию. Это выявляет неконструктивные элементы в первоначальной интерпретации и указывает пути ее изменения. Так, отображение на экспериментальные ситуации в атомной области первоначальной модели, в которой выполнялось уравнение Дирака, показывало, что ее противоречие опыту было результатом представлений об области отрицательных энергий.

Но поскольку уравнения требовали введения такого абстрактного объекта, постольку оставался только один путь — наделить “область с отрицательными энергиями” признаками, которые бы запрещали попадание электронов в эту область. Видимо, именно отсюда и пришла правильная догадка о континууме электронов, позволившая построить продуктивную интерпретацию уравнений.

Характерно, что, вводя вместо прежней модели новую систему абстрактных объектов (континуум электронов, заполняющих все состояния с отрицательной энергией и свободные электроны в зоне положительной энергии), Дирак обосновывал эту систему как идеализированную схему экспериментально-измерительных ситуаций атомной области. Он находил основание признаков каждого из перечисленных абстрактных объектов в экспериментально наблюдаемых ситуациях. Абстрактные объекты “электрон” и “область положительной энергии” достаточно легко получали такое основание (в принципе правомерность введения таких объектов была доказана всем предшествующим развитием атомной физики). Труднее это было сделать по отношению к “электронному континууму”. Однако и этому абстрактному объекту был найден коррелят в реальных взаимодействиях, фиксируемых экспериментами атомной области. Идея континуума появилась как результат анализа всего теоретического и экспериментального материала физики, связанного с исследованием электронных оболочек атомов. Дирак ввел континуум электронов по аналогии с заполненными оболочками атома, который также мог терять электроны на внешних оболочках. Представив такие оболочки в предельно идеализированной форме, Дирак истолковал их как своеобразную систему ферми-частиц вообще. После этого электронный континуум оказался обоснованным всеми экспериментально-измерительными ситуациями, в рамках которых исследовались многоэлектронные системы. В свою очередь, такое обоснование позволило

эффективно использовать принцип запрета Паули при создании новой теоретической модели.

Итак, процесс эмпирического обоснования математической гипотезы предполагает ряд достаточно сложных процедур. Среди них можно выделить: 1) экспликацию гипотетической модели, вводимой первоначально вместе с новыми уравнениями; 2) отображение этой модели на экспериментально наблюдаемые взаимодействия природных объектов; 3) сопоставление системы “уравнение плюс модель” с данными опыта; 4) перестройку первичной модели, если получено рассогласование с опытом; 5) конструктивное обоснование новой модели; 6) новая проверка опытом системы: “уравнения плюс их новая интерпретация”.

Лишь после всех этих операций можно судить, пригодны или непригодны уравнения, введенные методом математической гипотезы, для описания той или иной области взаимодействий. Что касается утверждения о том, что судьба гипотетически вводимых уравнений решается путем их сопоставления с опытом, то оно верно лишь при учете всех описанных особенностей эмпирического обоснования уравнений. Но понимаемое в упрощенной форме: “уравнения отбрасываются, если они не подтверждаются опытом, и сохраняются, если они совпадают с данными эксперимента” — такое утверждение может быть неверным (рассогласование с опытом на первом этапе эмпирического обоснования математической гипотезы не является основанием для отбрасывания уравнений).

Из вышеизложенного вытекает, что основные трудности создания непротиворечивой системы теоретических знаний не заканчиваются после нахождения уравнений. Более того, именно здесь и начинается самый ответственный и сложный этап работы физика-теоретика.

“Легче открыть математическую форму, необходимую для какой-нибудь основной физической теории, — писал П. Дирак, — чем ее толкование. Это потому, что число вещей, среди которых приходится выбирать, открывая формализм, очень ограничено, так как число основных идей в математике не очень велико, в то время как при физической интерпретации могут обнаружиться чрезвычайно неожиданные вещи” [36]. По-видимому, без преувеличения можно сказать, что и на современном этапе развития теоретических знаний, когда первые шаги исследования связаны с математической гипотезой, построение теоретической схемы, которая обеспечивает интерпретацию уравнений и их соотнесение с опытом, остается ключевым моментом такого исследования.

Формирование развитой теории в современной науке

Рассматривая генезис теории в современной физике, важно не упускать из виду различия в уровнях теоретической организации знания. Простая экстраполяция методов построения частной теоретической схемы на все случаи теоретического поиска может привести к неверным представлениям о путях современного теоретического исследования. При такой экстраполяции возникает убеждение, что математический аппарат развитой фундаментальной теории можно получить за счет непрерывной серии математических гипотез, аналогично тому, как, например, Дирак получил уравнение для релятивистского электрона.

Однако даже если принять тезис об универсальности приемов построения математического аппарата по отношению ко всем первичным теоретическим схемам современной физики (таких, как схема Дирака), то отсюда вовсе не вытекает, что математический аппарат развитой теории должен создаваться тем же способом.

Этот аппарат представляет собой более сложную систему математических средств хотя бы потому, что позволяет с помощью определенных методов получать из основных соотношений те зависимости, которые характеризует частные

теоретические законы. Нет никаких оснований полагать, что такого рода аппарат может быть выработан только за счет непрерывной серии математических гипотез. Скорее наоборот. Если каждый из этапов создания аппарата развитой теории заканчивается выдвижением гипотетического уравнения, то исследователю необходимо обосновать правомерность данного уравнения, прежде чем принять его за исходную базу для выдвижения очередной математической гипотезы. Это обстоятельство так или иначе всегда учитывалось в философской литературе при обсуждении проблемы математической экстраполяции. И в общем-то очевидно, что лишь эмпирически проверенная гипотеза, получившая “право на жизнь благодаря велению опыта”, приобретает значение “исходного пункта для новой гипотезы, неизбежно сменяющей ее”[\[37\]](#). Однако, как мы убедились, сама процедура сопоставления математической гипотезы с опытом выливается в сложную систему операций, направленную на построение теоретической схемы, обеспечивающей интерпретацию уравнений.

Если учесть данное обстоятельство, то напрашивается в общем-то нетривиальный вывод, что формирование математического аппарата развитой теории должно прерываться промежуточными интерпретациями, целенаправляющими каждую новую серию математических гипотез. Этот вывод, конечно, нуждается в особой проверке. Но если принять его как предварительное предположение, то возникает аналогия между уже рассмотренным процессом теоретического синтеза в классической физике и ситуациями построения развитой теории в современной физике. Такого рода сходство не должно вызывать удивления, так как процесс эволюции предполагает преемственность между высшими и низшими фазами развития.

Сама идея эволюции научного мышления требует поиска не только специфического, но и повторяющегося, инвариантного содержания в исторически меняющихся способах построения теории. Как бы ни трансформировалось прошлое в настоящем, их генетическая связь всегда приводит к воспроизведению в сжатом виде на современных стадиях развития основных черт и особенностей их предшествующей истории. Поэтому анализ истории научного познания должен быть проведен в двух планах: выявления специфических особенностей исследования, характеризующих современный этап эволюции физики, и нахождения инвариантного содержания, присущего как классическим, так и современным формам.

Обратимся с этих позиций к современной ситуации построения развитой теории. Для этой цели произведем логическую реконструкцию процесса становления квантовой электродинамики. Даже беглое сравнение современной и классической ситуаций теоретического поиска обнаруживает ряд характерных особенностей теоретической деятельности на современном этапе.

Одной из этих особенностей является то, что развитые теории большой степени общности в современных условиях создаются коллективом исследователей с достаточно отчетливо выраженным разделением труда между ними. Правомерно рассматривать, например, создателей квантовой электродинамики В. Гейзенберга, В. Паули, П. Дирака, П. Иордана, Н. Бора, Л. Розенфельда, Л. Ландау, Р. Пайерлса, В. Фока, С. Томанага, Е. Швингера, Р. Фейнмана, Ф. Дайсона и других как “коллективный субъект творчества”, проделавший все логически необходимые операции, которые привели к построению новой теории. Для сравнения напомним, что при создании классической теории электромагнитного поля аналогичные операции осуществил один исследователь — Д. К. Максвелл. Для классической физики это было скорее правилом, чем исключением, поскольку из трех важнейших ее теорий — механики, электродинамики, термодинамики — лишь последнюю

можно в полной мере расценить как продукт деятельности “коллективного субъекта творчества”[38].

В квантово-релятивистской физике после создания общей теории относительности уже не встречается ситуаций, когда развитая теория была бы построена творческими усилиями одного исследователя. Резкое усложнение изучаемых объектов и увеличение объема информации, необходимой для создания теории, приводит к тому, что каждый из исследователей осуществляет лишь некоторые из логически необходимых процедур, обеспечивающих построение новой теоретической системы.

В этом отношении характерен следующий пример. Н. Бор, проделавший совместно с Л. Розенфельдом основную работу по интерпретации математического аппарата квантовой электродинамики, включился в творческий коллектив, создающий новую теорию, тогда, когда в основных чертах ее математический формализм был уже построен. По свидетельству Розенфельда, Бор не только не участвовал в создании этого формализма, но даже вначале не знал его основных принципов. Розенфельд по этому поводу писал: “Состояние, в котором находился Н. Бор, когда он приступил к этой задаче (интерпретации математического аппарата квантовой электродинамики — *В.С.*), напоминает мне анекдот о Пастере. Когда последний занялся исследованием одного заболевания шелковичных червей, он приехал в Авиньон для консультации с Фабром. “Я хотел бы посмотреть на коконы, — сказал Пастер, — я никогда их не видел раньше, они мне известны только по названию”. Фабр дал ему пригоршню — Пастер взял один из них, повертел в пальцах, с любопытством осмотрел его, как мы делаем с редкой вещью, привезенной с другого конца света. Затем он стал трясти кокон около уха”. “Он шумит, — произнес Пастер, крайне удивленный, — там что-то есть”[39].

“Моей первой задачей, — писал далее Л. Розенфельд, — было рассказать Бору об основах квантовой теории поля; математическую структуру перестановочных соотношений и основные физические предпосылки теории мы подвергли безжалостному критическому разбору. Нет нужды говорить, что спустя очень короткое время роли переменялись, и он уже указывал мне на существенные черты теории, на которые еще никто не обращал достаточного внимания”[40].

Второй важной особенностью современной теоретико-познавательной ситуации является то, что фундаментальные теории все чаще создаются без достаточно развитого слоя первичных теоретических схем и законов, характеризующих отдельные аспекты новой области явления. В этом отношении показательны, например, квантовая электродинамика имела в качестве предварительного знания о микроструктуре электромагнитных взаимодействий только фрагментарные теоретические законы и модели, характеризующие квантовые свойства излучения и поглощения света веществом. Остальные промежуточные звенья, необходимые для построения теории, создавались по ходу теоретического синтеза.

Наконец, в качестве третьей особенности построения современных физических теорий выступает упомянутое выше применение метода математической гипотезы. Именно этот метод позволяет как бы в сжатом виде пройти стадию формирования первичных теоретических схем и законов, сразу отыскивая уравнения некоторой обширной предметной области и затем получая на этой основе в качестве следствий такие теоретические законы, которые характеризуют отдельные аспекты этой области.

Чтобы наглядно представить особенности отмеченного пути теоретического исследования, рассмотрим следующую воображаемую ситуацию. Предположим, что Максвелл, создавая теорию электромагнитного поля, не имел бы в своем распоряжении законов электромагнитной и электростатической индукции или кулоновского взаимодействия зарядов. Представим далее, что теория Максвелла

создавалась бы путем введения методом математической экстраполяции обобщающих уравнений для блоков электромагнитной индукции, электростатики и других, из которых, в свою очередь, выводились бы законы Кулона, Фарадея и т. д., проверяемые в опыте. Тогда синтез, приводящий к максвелловским уравнениям электромагнитного поля, осуществлялся бы на основе указанных обобщающих законов.

Нечто подобное происходит при построении современных физических теорий, и квантовая электродинамика служит характерным примером в этом отношении. Она формировалась в полном согласии с требованиями математической гипотезы, и “промежуточные” теоретические знания, необходимые для построения новой теории, создавались как бы по ходу теоретического синтеза, приводящего к системе ее фундаментальных уравнений.

Основные этапы развития математического аппарата квантовой электродинамики.

Процесс создания математического аппарата современной квантовой электродинамики условно можно разделить на четыре этапа.

На первом этапе был создан аппарат квантованного электромагнитного поля излучения (поле, не взаимодействующее с источниками). На втором — построена математическая теория квантованного электронно-позитронного поля (квантование источников поля). На третьем — описано взаимодействие указанных полей в рамках теории возмущений в первом ее приближении. Наконец, на четвертом этапе был создан аппарат, характеризующий взаимодействие квантованных электромагнитного и электронно-позитронного полей с учетом второго и последующих приближений теории возмущений (был развит метод перенормировок, позволяющий осуществить описание взаимодействующих полей в высших порядках теории возмущений).

Каждый из указанных этапов складывался, в свою очередь, из ряда логически необходимых ступеней, приводящих к соответствующим уравнениям квантовой электродинамики. С этой точки зрения, например, первый этап — построение аппарата свободного квантованного электромагнитного поля — мог быть осуществлен только благодаря предварительному исследованию квантовых свойств излучения[41]. На этой основе сформировалось представление об электромагнитном поле излучения как об особой квантовой системе, которая обладает, с одной стороны, континуальными характеристиками (частота, волновой вектор), а с другой — может быть представлена как набор фотонов, находящихся в различных квантовых состояниях. В аспекте волновых свойств поле по традиции описывалось уравнениями Максвелла. Поэтому возникала задача таким образом видоизменить эти уравнения, чтобы учесть и корпускулярные свойства свободного электромагнитного поля.

Для этой цели величины, связанные в уравнениях Максвелла, по аналогии с уже привычным квантовомеханическим подходом были рассмотрены в качестве операторов, подчиняющихся определенным перестановочным соотношениям. Таким путем уравнения Максвелла преобразовывались в уравнения квантованного электромагнитного поля. Взятые совместно с правилами коммутации для операторов (перестановочными соотношениями) они составили математический аппарат, описывающий это поле[42].

Следующий шаг исследования микроструктуры электромагнитных процессов предполагал учет взаимодействия поля излучения с квантованными источниками (плотностями заряда-тока). Для этого было необходимо развить математический формализм, описывающий квантовые свойства системы электронов в релятивистской области. Решение такой задачи, в свою очередь, привело к представлениям об электронно-позитронном поле. В результате исходная проблема

квантования источников электромагнитного поля была переформулирована в проблему математического описания квантовых свойств электронно-позитронного поля. Ее решение знаменовало второй этап разработки аппарата квантовой электродинамики.

С точки зрения логики познавательного движения исходным пунктом этого этапа следует считать построение Дираком релятивистской квантовой механики электрона. Нам хотелось бы еще раз обратить внимание на то обстоятельство, что теория Дирака, открывшая физике область электронно-позитронных взаимодействий, послужила своего рода промежуточным “блоком” знаний для построения современной квантовой электродинамики. Это был характерный пример того, как по ходу теоретического синтеза вводятся недостающие звенья (частные теоретические схемы и законы), которые обеспечивают успешное продвижение к будущим фундаментальным уравнениям создаваемой теории.

Обобщение уравнений Дирака было связано с процедурой квантования электронно-позитронного поля. Этот объект, введенный в рамках релятивистской квантовой механики электрона, был рассмотрен так же, как в свое время рассматривалось подлежащее квантованию электромагнитное поле излучения. Он был представлен в качестве некоторой целостной динамической системы, обладающей одновременно волновыми и корпускулярными свойствами. Квантовая природа этой системы описывалась путем введения операторов, действующих на волновую функцию (вектор состояния) системы, которая была определена как функция в пространстве чисел заполнения (соответствующих числам частиц — электронов и позитронов, находящихся в определенных квантовых состояниях и образующих электронно-позитронное поле). В качестве основных операторов поля были рассмотрены волновые функции $\Psi(x)$ и $\bar{\Psi}(x)$, характеризовавшие состояние электронов и позитронов в уравнениях Дирака. Действие этих операторов на вектор состояния поля меняло числа заполнения, что соответствовало описанию поля в терминах рождения и уничтожения электронов и позитронов в определенных квантовых состояниях[43].

Таким путем была создана математическая теория свободного квантованного электронно-позитронного поля. Представление о таком поле потребовало по-новому сформулировать проблему теоретического описания квантованного электромагнитного поля, взаимодействующего с источниками. Она предстала теперь как проблема взаимодействия соответствующих квантованных полей.

Основы математического аппарата, описывающего это взаимодействие, были найдены на третьем этапе формирования квантовой электродинамики. Указанный аппарат представлял собой систему уравнений, объединяющих уравнения для квантованного электромагнитного и электронно-позитронного полей (уравнения Максвелла и Дирака для операторов соответствующих полей). Кроме того, он включал методы их приближенного решения с помощью теории возмущений, которая была развита еще в рамках нерелятивистской квантовой механики, а затем перенесена на область взаимодействия квантованных полей. Такое взаимодействие изображается в квантовой электродинамике как рассеяние соответствующих частиц (электронов, позитронов и фотонов), связанное с их взаимными превращениями[44]. Первоначально были описаны процессы рассеяния только в первом приближении теории возмущений. На этой основе была построена теория взаимодействия квантованного электромагнитного поля с зарядами, позволявшая описать и объяснить два типа процессов: 1) переходы электрона (или позитрона) из одного состояния в другое с испусканием фотона и 2) образование или поглощение пары электрон — позитрон, сопровождаемое поглощением или рождением фотонов.

Попытки исследовать взаимодействие квантованного электромагнитного и электронно-позитронного полей в других приближениях теории возмущений не

только не уточнили ранее полученные результаты, но и привели к математически бессмысленным выражениям. Для наблюдаемых величин, характеризующих электроны и позитроны, например для заряда, массы и других связанных с ними величин, получались бесконечные выражения, имеющие вид расходящихся интегралов.

Задача построения математического аппарата, учитывающего высшие приближения теории возмущений, была решена только на четвертом, заключительном этапе эволюции квантовой электродинамики. В работах С. Томанага, Е. Швингера, Р. Фейнмана, Ф. Дайсона теория возмущений была развита в релятивистски инвариантном виде и был предложен метод перенормировок, устраняющий расходимость путем замены формально вычисляемых бесконечных значений физических величин конечными значениями, известными из опыта.

В результате значительно расширился круг процессов, описываемых и объясняемых квантовой электродинамикой. Стало возможным решить задачи по рассеянию электрона электроном, фотона — электроном, предсказать взаимодействие электрона с вакуумом, рассеяние фотона на фотонах и т. д.

Так выглядит история квантовой электродинамики, если рассмотреть ее в аспекте формирования математического аппарата. Нетрудно проследить отчетливо выраженную внутреннюю логику его построения: вначале создавался формализм, описывающий свободные квантованные поля, а затем на этой основе строился аппарат, характеризующий взаимодействие полей.

Внешне весь этот процесс (по крайней мере в основной своей части) выглядит как серия математических экстраполяций, приводящих к системе уравнений для взаимодействующих квантованных полей и методам решения таких уравнений. Блестящие достижения квантовой электродинамики могут быть истолкованы как еще одно свидетельство эффективности современного метода построения теории. Достаточно вспомнить, что из уравнений вытекали такие неожиданные предсказания, как вывод о существовании электромагнитного вакуума (состояния электромагнитного поля с наименьшей энергией, которое, несмотря на отсутствие фотонов, оказывает воздействие на поведение заряда, в частности электрона в атоме). Весьма необычными были предсказанные эффекты поляризации вакуума (эффекты, связанные с образованием электромагнитным полем виртуальных пар, которые вызывают в пространстве определенное распределение зарядов, наподобие поляризации диэлектрика, и оказывают на внешнее поле обратное воздействие, экранируя первичный заряд, создающий это поле).

Однако, отмечая эвристические функции метода математической гипотезы, мы не можем ограничиться только констатацией в общем-то тривиального факта, что в современной физике построение теории начинается с попыток “угадать” ее будущий математический аппарат.

Рефлексия исследователей, создававших новые теории, дает достаточно много высказываний такого типа [45]. Но это лишь первый шаг к осмыслению генезиса теории. Главная же задача состоит в том, чтобы за внешними признаками современного исследования увидеть логически необходимые операции, приводящие к построению новых систем теоретического знания. С этой точки зрения нам хотелось бы обратить внимание на два важных обстоятельства, относящихся к процессу становления квантовой электродинамики: 1) на обусловленность выдвигаемых математических гипотез предварительно принимаемой исследователями картиной физической реальности и 2) на корреляцию между процессом построения аппарата новой теории и процессом создания теоретической схемы, обеспечивающей интерпретацию указанного аппарата.

Квантовомеханическая картина мира и ее роль в формировании математического аппарата квантовой электродинамики.

Проследивая смену математических экстраполяций в истории квантовой электродинамики, мы неизбежно сталкиваемся с проблемой исходных идей, подготовивших ту или иную экстраполяцию. Здесь выясняется, что сама постановка теоретических задач и указание на способы их решения были генерированы (по крайней мере в исходном пункте) физической картиной мира, выросшей из развития квантовой механики. В этой картине физическая реальность изображалась в виде двух взаимосвязанных слоев: макро- и микроуровня, причем физические системы микроуровня рассматривались как объекты, включенные в определенные макроусловия и проявляющие в них свою корпускулярно-волновую природу. В “операциональном” аспекте представление о корпускулярно-волновых свойствах микрообъектов раскрывалось посредством принципа дополненности. Объект рассматривался в качестве такой физической системы, существенные стороны которой, проявляясь в различных макроусловиях, фиксируемых приборами строго определенного типа, могли оказаться взаимоисключающими. Но их рассмотрение в качестве своеобразных проекций единой сущности, их соединение в рамках единого способа описания как дополняющих друг друга характеристик исчерпывающе раскрывало специфику микрообъекта.

Исследователь, принявший эту картину физической реальности, был обязан учитывать два возможных аспекта рассмотрения физических систем: со стороны их макроструктуры и со стороны микроструктуры. Соответственно каждому из них должен применяться определенный способ описания системы (классический или квантомеханический). Причем связь макро- и микроуровня физической реальности предполагала связь указанных способов описания в рамках принципа соответствия [46].

Решающую роль указанной картины мира в постановке исходных задач квантовой электродинамики можно обнаружить, если учесть следующее обстоятельство. Программа квантования полей была основана на экстраполяции методов квантовой механики точек на новую область — полей и их взаимодействий. Но для того чтобы осуществить такую экстраполяцию, требовалось предварительно увидеть сходство полей с уже изученными квантовомеханическими системами. Такое рассмотрение поля являлось отнюдь не очевидным хотя бы потому, что уже известные и ставшие привычными квантовые системы, с которыми имела дело физика до построения квантовой электродинамики, в классическом пределе можно было рассматривать как состоящие из конечного числа частиц (система с конечным числом степеней свободы). Здесь же, при квантовании поля, классическим аналогом была континуальная среда, которую можно было уподобить динамической системе с бесконечным числом степеней свободы. Поэтому сама экстраполяция квантовомеханического описания на новую область требовала определенного обоснования. Его обеспечила квантовомеханическая картина мира, в которой фиксировались самые общие признаки распознавания квантовых объектов. Накопленные предшествующей историей эмпирические и теоретические сведения о микроструктуре электромагнитных взаимодействий обнаруживали такие признаки у электромагнитного поля (дуализм корпускулярно-волновых свойств). Именно на этом основании электромагнитное поле было рассмотрено в качестве целостной системы, обладающей квантовой природой. Затем этот способ рассмотрения был перенесен на электронно-позитронное поле. Но такой перенос был опять-таки связан с функционированием квантовомеханической картины физической реальности, поскольку рассмотрение системы электронов по образу и подобию электромагнитного поля уже предполагает ее нестандартное видение. Система электронов выступает теперь не просто как множество квантовомеханических частиц, но как единый объект — поле, отдельными квантами которого являются входящие в систему частицы.

Подобное видение было необычным уже потому, что классического аналога для такого объекта не существует (в отличие от квантованного электромагнитного поля, которое имеет классический аналог, понятие электронного поля в классической физике не имеет смысла: об электронах в классическом языке можно говорить только как о частицах с принципиально конечным числом степеней свободы).

Вслед за Т. Куном такой переход к новому рассмотрению системы электронов можно было бы охарактеризовать как своего рода гештальт-переключение, вызванное сменой “образца” видения исследовательских ситуаций. Важно, что последнее было подготовлено и произошло благодаря сложившейся к этому времени картине физической реальности[47].

Поскольку картина мира идентифицировала поле и набор квантовомеханических частиц как объекты одной природы, обладающие одной и той же совокупностью признаков (корпускулярно-волновой дуализм), постольку стал возможен выбор любого из этих объектов в качестве эталонного образца для рассмотрения другого (можно было рассматривать поле как систему частиц и систему квантовых частиц определить как поле).

Таким путем под влиянием картины мира в физике сложилось представление о полях как особых квантовых объектах, подлежащих теоретическому описанию. Это и послужило основанием для формулировки исходной исследовательской задачи, приведшей к созданию квантовой электродинамики. Стимулируя выдвижение такой задачи, картина мира вместе с тем указала и пути ее решения. Они состояли в перенесении на новую область (полей и их взаимодействий) математических структур квантовой механики точек. Предстояло проквантовать поле так же, как это делалось в нерелятивистской квантовой механике по отношению к системам частиц. На этой основе был развит метод вторичного квантования, который обеспечил переход от уравнений, описывающих классическое электромагнитное поле, и уравнений, описывающих квантовомеханические частицы, к уравнениям квантированных полей. С позиций сказанного о роли физической картины мира в формировании математического аппарата квантовой электродинамики интересно было бы сопоставить современный путь исследования и образцы теоретического исследования классической физики, например, проанализированный выше способ построения теории, который применял Максвелл. Такое сравнение показывает, что по крайней мере в исходных пунктах между традиционным и современным способами построения теории нет резкого различия, несмотря на то, что теории физики XX века строятся методом математической экстраполяции. В обоих случаях исследователь “угадывает” новые уравнения благодаря целенаправленному воздействию предварительно принятой картины мира, которая определяет постановку теоретических проблем и указывает на область математических средств, обеспечивающих построение теории.

Новым элементом современного исследования является, пожалуй, только более активное обратное воздействие уже ранних этапов осуществляемого математического синтеза на картину мира. В истории квантовой электродинамики оно выразилось в том, что создаваемый математический аппарат вынуждал корректировать квантово-механическую картину мира с позиций релятивистских представлений. Необходимость такой корректировки следовала из требования лоренц-инвариантности создаваемых уравнений (лоренц-инвариантность уравнений классической электродинамики при их синтезе с формализмом квантовой механики должна была переноситься на уравнения квантованного поля). Но после создания специальной теории относительности требование лоренц-инвариантности означало принятие релятивистских представлений о пространстве-времени. Поэтому подобные представления должны были неявно войти в квантовую картину физической реальности. Хотя программа объединения квантовых и релятивистских

представлений в рамках единой физической картины мира признавалась всеми исследователями после завершения квантовой механики, первые реальные шаги к ее осуществлению были сделаны только в процессе построения релятивистской квантовой механики и теории квантованных полей. Во всяком случае она предполагалась самым характером математического формализма новой теории, и поэтому создание последнего может быть расценено как существенный вклад в построение квантово-релятивистской картины физической реальности [48].

Парадоксы создаваемой теории и проблема интерпретации

Второй важной стороной современного исследования является связь математических гипотез с процедурой построения теоретических схем.

Обычно при анализе современной теоретической деятельности эта сторона упускается из виду, поскольку поиск математических структур, особенно на ранних стадиях формирования теории, превращается в основную познавательную задачу. Проблема интерпретации возникает только после того, как построение математического аппарата продвигается достаточно далеко.

В результате создается впечатление, что математический формализм развитой теории строится независимо от его интерпретации, серией последовательно осуществляемых математических гипотез. Внешне история квантовой электродинамики подтверждает этот вывод. Однако более внимательный анализ обнаруживает, что подобное заключение лишь с большой натяжкой может быть признано справедливым.

Как подчеркнуто выше, уравнения физики не могут существовать вне связи с теоретическими схемами. Иначе они были бы чисто математическими утверждениями, но не выражениями для физических законов.

Поскольку процесс перестройки уравнений, заимствованных из уже сложившихся областей теоретических знаний, в уравнения для новой области всегда предполагает трансляцию и переопределение соответствующих абстрактных объектов, постольку всякая математическая гипотеза непременно вводит модель претендующую на то, чтобы быть теоретической схемой новой области физических процессов. Эта модель отображается на картину мира и приобретает онтологический смысл. Она определяет первоначальную семантическую интерпретацию создаваемого формализма теории. Эмпирическое обоснование модели на этом этапе, как правило, отсутствует, и поэтому эмпирический смысл многих величин, связанных в уравнениях, может быть неясным. Но их семантическая интерпретация обязательно должна существовать. До определенного момента эта интерпретация стимулирует развитие создаваемого математического формализма теории. Процесс выработки математического аппарата квантовой электродинамики достаточно хорошо иллюстрирует справедливость сказанного. Возьмем, например, первый этап развития этого аппарата. В процессе квантования электромагнитного поля величины уравнений Максвелла связывались в новой сетке отношений, в согласии с принципами квантовомеханического описания. Соответственно этому приобретали новые признаки и абстрактные объекты, переносимые из классической электродинамики и квантовой механики в новую область теоретических знаний. Таким путем вместе с математическим формализмом создавалась предварительная теоретическая схема, характеризующая микроструктуру электромагнитного поля. В ней вводились в качестве фундаментальных теоретических конструкторов состояния электромагнитного поля и классические наблюдаемые, вероятности численных значений которых коррелированы с состоянием поля. Предполагалось, что поле, описываемое волновой функцией (вектором состояния) ψ_{nk} , может быть определено в виде суперпозиции некоторых элементарных состояний k^f , k^m и т. д., каждому из которых соответствует n_k фотонов (квантов поля), находящихся в данном состоянии (n_k^f фотонов в состоянии k^f

, $\frac{2\pi h\nu}{h}$ фотонов в состоянии k^m и т. д.). Вектор состояния поля позволяет определить вероятность появления фотонов в каждом из этих “элементарных” состояний.

В онтологическом аспекте, который соответствует отображению данной схемы на картину мира, это соответствовало представлению об электромагнитном поле как системе с переменным числом фотонов, возникающих с определенной вероятностью в том или ином квантовом состоянии.

Вместе с тем теоретическая схема предполагала, что вектор состояния поля должен быть связан с некоторой вероятностью наблюдения классических компонент поля в точке. Последнее вытекало из основных принципов квантовомеханического описания, в соответствии с которыми строился аппарат квантованного электромагнитного поля. Согласно этим принципам операторы поля должны быть сопоставлены с физическими величинами, численные значения которых могут быть точно определены на уровне макроскопической регистрации прибором, настроенным на измерение соответствующей величины. Вероятность выпадения этих величин определяется вектором состояния поля (точнее, квадратом модуля волновой функции). Поле могло быть охарактеризовано, например, операторами напряженностей \hat{E} и \hat{H} , так что в опыте должны были наблюдаться величины E и H , соответствующие математическим ожиданиям этих операторов.

Рассмотренная теоретическая схема на первых порах принималась без процедуры ее эмпирического обоснования. В частности, специально не проверялось, насколько правомерно переносить на новую область взаимодействий такие идеализации (абстрактные объекты), как поля в точке, заимствованные из классической электродинамики. Представления классической электродинамики о том, что состояния поля могут быть охарактеризованы напряженностями E и H в пространственно-временной точке, были сохранены в рамках квантовомеханического описания электромагнитного поля. Такое описание вносило лишь одно явное изменение в классические представления: оно требовало применять классические наблюдаемые для характеристики состояния поля с учетом принципиально статистического характера ожидания их конкретных значений, но не накладывало никаких ограничений на возможность точного определения каждого из таких значений для каждой из отдельно взятых величин при измерении. Поэтому предварительная теоретическая модель квантованного поля излучения, определяя семантическую интерпретацию соответствующих уравнений, на первых порах принималась как вполне правомерная и с точки зрения эмпирического смысла. Во всяком случае, эмпирическая интерпретация связанных в уравнениях величин вначале казалась очевидной и легкоосуществимой по рецептам стандартного квантовомеханического описания.

Убеждение в надежности вводимых теоретических моделей до поры до времени стимулировало развитие математического формализма квантовой электродинамики. Достаточно вспомнить, что сразу же после квантования электромагнитного поля были предприняты попытки построить подобный аппарат для описания электронного поля.

Однако успешное продвижение по пути к обобщающим уравнениям квантовой электродинамики было прервано обнаружением парадоксов в самом фундаменте создаваемой теории. Оказалось, что классические напряженности поля в точке не могут иметь точного значения. Если поле состоит из отдельных квантов, возникающих и исчезающих с определенной вероятностью в различных квантовых состояниях, то всегда возможны хаотические флуктуации каждой компоненты поля в точке.

Таким образом, два одинаково фундаментальных положения, казалось бы, уже построенной теории квантованного поля излучения (утверждение, что состояние поля может быть охарактеризовано классическими величинами компонент поля в точке, и утверждение, что поле представляет систему с переменным числом фотонов, заполняющих определенные “элементарные” состояния, суперпозиция которых характеризует поле) оказались противоречащими друг другу. Появление таких противоречий разрушало первоначально принятую теоретическую схему и тем самым лишало соответствующий математический аппарат физического смысла.

Указанное обстоятельство представляет факт первостепенной важности для методологического анализа. Выясняется, что на определенной стадии построения аппарата современной теории математические гипотезы должны быть обязательно подкреплены анализом теоретических схем и их конструктивным обоснованием. Иначе говоря, движение в плоскости математического формализма может быть относительно свободным только до некоторого момента и далее оно может продолжаться только тогда, когда скоррелировано с движением в плоскости физического содержания.

Парадоксы, обнаруженные в первоначальном варианте теории квантованного электромагнитного поля, представляли собой один из весьма характерных моментов современного теоретического исследования. Математическая гипотеза, видоизменяя связи между теоретическими конструктами предшествующих уравнений, наделяет такие конструкты новыми признаками, среди которых один может исключать другой. Именно это и произошло в процессе построения аппарата квантованного поля излучения, когда осуществлялся синтез уравнений электродинамики Эйнштейна — Лоренца с квантовомеханическим способом описания.

Парадоксы квантованного поля излучения послужили сигналом появления в теории конструктов, наделенных взаимоисключающими признаками.

Эта ситуация была аналогичной уже рассмотренным выше парадоксам резерфордской модели атома и релятивистской теории электрона Дирака. В истории классической электродинамики с подобной ситуацией мы сталкивались, когда анализировали тот этап деятельности Максвелла, на котором он пытался ввести уравнение для электромагнитной индукции, опираясь на модель стационарных силовых линий.

Естественно, что первые усилия, направленные на устранение парадоксов, должны были заключаться в обнаружении неконструктивных элементов внутри теоретической схемы, введенной вместе с аппаратом квантованного поля излучения на стадии математической гипотезы. Необходимо было произвести своеобразную селекцию теоретических объектов, выявить среди них элементы, “ответственные” за появление парадоксов, и заменить их новыми абстрактными объектами, удовлетворяющими процедуре эмпирического обоснования.

Первая часть этой задачи была решена отчасти в работе В. Фока и П. Иордана[49] и более полно в исследовании Л. Ландау и Р. Пайерлса[50].

Строго говоря, указанные парадоксы могли быть вызваны либо тем, что вектор состояния поля был определен (в отличие от привычного квантовомеханического подхода) как суперпозиция состояний с переменным числом частиц (фотонов), либо неявно используемым предположением, что наблюдаемыми величинами должны быть напряженности поля в точке.

Поскольку представление о поле как системе с переменным числом фотонов позволяло объяснить известные зависимости поглощения и испускания квантов света атомами, постольку соответствующие характеристики вектора-состояния обосновывались эмпирически и приобретали конструктивный смысл. Оставалось проверить, обладают ли таким смыслом классические наблюдаемые поля в точке. Для этого и были осуществлены мысленные эксперименты, с помощью которых

выяснялось, можно ли, вводя указанные наблюдаемые в новой области, сохранить их главный признак — принципиальную измеримость (т. е. возможность получать точные значения каждой наблюдаемой величины с помощью классического прибора). Мысленные эксперименты Фока—Иордана и Ландау—Пайерлса обнаружили, что если принять во внимание и квантовые, и релятивистские эффекты, то измерения напряженностей квантованного поля в точке невозможны.

Суть рассуждений, из которых был получен этот вывод, заключалась в следующем. Согласно принятому в классической теории подходу, напряженности **E** и **H** определяются через воздействие поля на заряженное пробное тело. В случае компонент **E** это воздействие измеряется через импульс, передаваемый пробному заряду, в случае компонент **H** — через момент импульса, передаваемый пробному магниту или некоторому распределению заряда-тока. Поскольку требуется измерить поле в точке, постольку пробное тело также должно быть точечным. Допустим, что

задача состоит в определении компоненты E_x . Для этой цели необходим точечный заряд. В качестве такового в мысленных экспериментах Фока — Иордана принимался электрон, ускоряемый полем, а в мысленных экспериментах Ландау — Пайерлса допускалась точечная частица произвольной природы (которая могла иметь, например, бóльшую массу по сравнению с электроном).

Измерение компоненты поля означает, что импульс, полученный от поля пробной частицей, должен быть зарегистрирован классическим прибором. Тогда значение этого импульса позволит точно определить значение соответствующей компоненты поля.

Таким образом, процедура мысленного измерения полевых компонент в точке в момент t предполагала выполнение двух условий: 1) локализации пробной частицы в данной точке поля в момент t , где частица приобретает импульс; 2) точную регистрацию этого импульса классическим прибором.

Поскольку пробная частица подчинялась квантовым законам, оба этих условия оказались принципиально невыполнимыми. Первое было невозможно вследствие соотношения неопределенностей — локализация частицы в точке приводила к принципиальной неопределенности Δp в значении ее импульса. Следовательно, значение напряженности поля могло быть получено только с точностью, не превышающей Δp .

Второе условие было неосуществимо по двум обстоятельствам. Во-первых, невозможно было точно зарегистрировать импульс точечной пробной частицы вследствие квантовых закономерностей обмена энергией-импульсом частицы с прибором. Поскольку существует соотношение неопределенностей $\Delta \varepsilon \Delta t \sim \hbar$ (ε — энергия, t — время), постольку соударение частицы с прибором, при котором она за время Δt передает свою энергию прибору, приводит к неопределенности в значении этой энергии $\Delta \varepsilon$. Связь между энергией и импульсом порождает соответствующую зависимость между временем Δt и измеряемым импульсом P_x . Эта зависимость выражается формулой $|v''_x - v'_x| \Delta P_x \Delta t \sim \hbar$ (1) [51], где v'_x и v''_x — скорости частицы до и после измерения, Δt — время измерения, ΔP_x — неопределенность в значении импульса частицы.

Учет релятивистских эффектов предполагает, что $|v''_x - v'_x|$ не может превышать скорости

света c . Вследствие этого на основе (1) возникает зависимость $\Delta P_x \Delta t \sim \frac{\hbar}{c}$, согласно которой, чем меньше время измерения импульса частицы, тем больше неопределенность в значении измеряемого импульса.

При измерениях компоненты E_x в пространственно-временной точке предполагается практически мгновенная регистрация импульса пробной частицы. Нужно бесконечно уменьшать промежуток, за который происходит измерение $\Delta t \rightarrow 0$, с тем чтобы избежать побочных воздействий на импульс пробной частицы. Но тогда ΔP_x будет неограниченно возрастать. Получается, что соблюдение одного необходимого условия, обеспечивающего точное измерение напряженностей поля в точке (практически мгновенная регистрация импульса пробной частицы), приводит к принципиальной невыполнимости другого, столь же необходимого условия (точное измерение этого импульса классическим прибором).

Во-вторых, точная регистрация импульса пробной частицы неосуществима вследствие того, что частица излучает в момент соударения с прибором и начинает взаимодействовать с собственным полем излучения. Оказывается, учет такого воздействия невозможен в силу квантовых эффектов. Влияние собственного излучения частицы на измерение ее импульса может быть учтено только с некоторой принципиально неустранимой погрешностью [52].

Таким образом, при определении компоненты поля с помощью точечной пробной частицы возникают три неустранимых типа неопределенности ее импульса: вследствие ее локализации в точке поля, вследствие ее взаимодействия с прибором за время Δt вследствие ее взаимодействия с порождаемым ею же излучением.

В свою очередь, неопределенность импульса пробной частицы означает принципиальную невозможность измерения каждой из компонент напряженностей квантованного поля излучения в пространственно-временной точке. Получалось, что указанные теоретические конструкты (поля в точке) не имеют смысла при их распространении на область квантовых процессов. С методологической точки зрения важно обратить внимание на структуру мысленных экспериментов, приведших к указанному выводу. Показательно, что они учитывали не только квантовые, но и релятивистские эффекты, проявляющиеся при измерении компонент поля, и поэтому выражали в идеализированной форме характерные особенности возможных экспериментов и измерений новой области. Анализ измеримости компонент поля в точке показывает, можно ли ввести отмеченные абстрактные объекты в виде идеализаций, опирающихся на реальные особенности экспериментально-измерительной деятельности по изучению квантованных полей. Здесь нетрудно обнаружить характерные признаки процедуры конструктивного введения абстрактных объектов.

Отрицательный результат означал, что упомянутые объекты суть неконструктивные элементы в предварительно принятой теоретической схеме. Обнаружение таких элементов представляло собой первый необходимый шаг к перестройке теоретической схемы на конструктивных началах. Далее возникала задача таким образом изменить ее, чтобы, с одной стороны, сохранить, по крайней мере в основных чертах, построенный аппарат теории, а с другой — обосновать вводимую теоретическую схему в качестве идеализированной модели экспериментально-измерительных ситуаций, относящихся к новой области взаимодействий. В истории квантовой электродинамики эта задача была решена в результате познавательной деятельности, которая известна под названием измерительных процедур Бора—Розенфельда.

Идеализированные процедуры измерения поля и интерпретация аппарата квантовой электродинамики (исходная идея процедур Бора—Розенфельда)

Измерительные процедуры Бора—Розенфельда занимают особое место в разработке квантовой электродинамики, поскольку именно благодаря им была развита

непротиворечивая интерпретация ее математического аппарата. Причем, вначале Бором и Розенфельдом был интерпретирован аппарат квантованного поля излучения, а затем — выяснен физический смысл формализма, описывающего взаимодействие указанного поля с квантованными источниками. Мы постараемся показать, что процедуры Бора—Розенфельда являются типичным случаем поэтапного построения конструктивно обоснованной теоретической схемы на современном этапе теоретического исследования.

Предварительно обрисуем историческую ситуацию, в которой осуществлялась указанная познавательная деятельность. После того как Ландау и Пайерлс сделали вывод о бессмысленности понятия поля в точке применительно к описанию квантовых процессов, квантовая электродинамика вступила в полосу своеобразного кризиса своих оснований.

Первоначально было совершенно неясно, как изменить существующую теорию, чтобы получить непротиворечивую интерпретацию введенного математического аппарата. Более того, было неясно, можно ли это сделать в принципе. Только ретроспективно (а мы излагали работу Ландау и Пайерлса прежде всего с точки зрения ее *логически необходимого* вклада в построение новой теории) можно увидеть, что единственно правильным в этих условиях было стремление перестроить первоначальную теоретическую схему так, чтобы, сохранив идею классических наблюдаемых (напряженностей поля), отказаться лишь от использования полевых величин в точке.

Однако сделать этот шаг было отнюдь не просто. Во всяком случае, сами исследователи, обнаружившие парадоксы неизмеримости полевых компонент, такой работы проделать не смогли.

Ландау и Пайерлс в этот период развития электродинамики расценивали полученные ими результаты не как доказательство ограниченности первоначальной интерпретации математического аппарата теории, а как свидетельство несостоятельности этого аппарата, принципиального отсутствия у него физического смысла. Для этого у них, казалось бы, имелись веские основания. Состояние электромагнитного поля характеризовалось в классической теории напряженностями \mathbf{E} и \mathbf{H} . Что же касается квантовомеханического описания, то оно содержало известный принцип: квантование системы налагает ограничения на одновременную измеримость дополнительных (в смысле Бора) пар величин, но не налагает никаких ограничений на измеримость отдельно взятой величины (классической наблюдаемой). Поэтому невозможность получить точное значение каждой из напряженностей \mathbf{E} и \mathbf{H} в отдельности было расценено Ландау и Пайерлсом как неприменимость методов квантования к такому объекту, как электромагнитное поле излучения.

Этот вывод Ландау и Пайерлс распространили затем и на квантование источников поля. Они показали, что определение состояния электронов, при условии измерения с помощью точечной пробной частицы за очень короткий промежуток времени, приводит к неустранимым неопределенностям каждой из отдельно взятых величин, характеризующих состояние электрона [53]. Отсюда автоматически следовало, что невозможно построить квантовомеханическое описание источников поля, или, что эквивалентно, построить теорию квантованного электронного поля [54].

Наконец, Ландау и Пайерлс апеллировали к многочисленным трудностям, возникшим в квантовой электродинамике при выяснении физического смысла ее аппарата, введенного за счет серии математических экстраполяций. Сюда относились трудности интерпретации уравнений Дирака, содержащие их решение с отрицательными значениями

энергии, и трудности с уяснением смысла так называемых нулевых флуктуаций электромагнитного поля. Первые мы уже рассматривали. Здесь уместно лишь напомнить, что хотя Дираком к этому времени уже была предложена интерпретация своих уравнений, его модель “дырок” многим исследователям, работающим над созданием квантовой теории поля, вначале казалась весьма искусственной [55] (тем более, что на первых порах была тенденция связать появление “дырок” с существованием протона, что приводило к противоречивым выводам при расчетах массы-энергии частиц, и лишь впоследствии Дирак выдвинул гипотезу позитрона, эмпирически подтвержденную только в 1932 г.). В этих условиях оценка ситуации Ландау и Пайерлсом в духе отстаиваемого ими тезиса о неприменимости квантовомеханических методов в релятивистской области отнюдь не выглядела малоубедительной и нелогичной.

Наконец, существовали еще и затруднения, связанные с парадоксальными следствиями из математического аппарата, описывающего квантованное поле излучения. Получалось, что энергия нулевого энергетического уровня поля бесконечна [56].

Ландау и Пайерлс связали эти следствия с идеей принципиальной неизмеримости компонент поля в пространственно-временной точке. Они указали,

что из выражений для неопределенности каждой из компонент E и H $\Delta E \geq \frac{\hbar c}{c\Delta t}$ и

$\Delta H \geq \frac{\hbar c}{c\Delta t}$ (где ΔE — неопределенность в значении электрической напряженности, ΔH — неопределенность в значении магнитной напряженности, Δt — время измерения, c — скорость света, \hbar — постоянная Планка) следует, что если уменьшать до нуля промежуток времени измерения Δt (чтобы осуществить измерение поля во временной точке t_1), то соответственно ΔE и ΔH будут стремиться к бесконечности. С этих позиций вывод о бесконечности величин, характеризующих нулевой энергетический уровень квантованного поля, был представлен как особый вид парадоксов неизмеримости [57].

Учитывая сказанное, можно понять, почему возникло стремление ограничить методы квантовой механики только сферой нерелятивистских процессов [58].

Кризисная ситуация, возникшая в начале 30-х годов текущего столетия в квантовой электродинамике, лишний раз свидетельствует, что фундаментальные теории большой степени общности создаются отнюдь не так, как это представляется при упрощенном понимании математической экстраполяции. Для таких теорий, как правило, невозможно сразу построить математический аппарат за счет непрерывной серии математических гипотез, а затем отыскать интерпретацию готового формализма. Достаточно длительное продвижение в математических средствах увеличивает опасность неявного введения и накопления в теории неконструктивных объектов. Поэтому обязателен особый анализ физического смысла уже построенных звеньев создаваемого математического аппарата и их интерпретация уже на промежуточных этапах формирования фундаментальных законов теории.

В такие периоды центр тяжести исследовательской работы переносится в область поиска теоретических моделей, которые могли бы обеспечить интерпретацию вводимых уравнений.

Рассмотрим, какова была логика такого поиска в период, когда преодолевалась кризисная ситуация в квантовой электродинамике.

Прежде всего, чтобы обеспечить прогрессивное развитие теории, необходимо было правильно сформулировать проблему. Для этого требовалось увидеть в парадоксах неизмеримости только ограничения, накладываемые на классические идеализации напряженностей поля в точке, но не запрещение применять квантовомеханические методы при описании релятивистских процессов.

Соответственно исследовательскую задачу следовало формулировать как поиск таких классических наблюдаемых, которые были бы пригодны для характеристики волновых свойств квантованного электромагнитного поля (при отказе от использования напряженностей поля в точке). Однако после работы Ландау и Пайерлса многие исследователи сочли бы такую постановку задачи внутренне противоречивой.

И здесь мы подошли к важнейшему моменту в оценке кризиса, вызванного парадоксами неизмеримости. Дело в том, что в рассуждениях Ландау и Пайерлса о непригодности квантовомеханического описания в релятивистской области неявно допускалось одно малообоснованное утверждение, которое и было источником слишком категорических выводов. Это было предположение о том, что пробная частица, применяемая для измерения полевых величин, всегда является точечной частицей и обладает квантовомеханической природой. Пока речь шла об измерениях мгновенного значения E и H в точке, подобная идеализация пробного тела была оправдана самой постановкой задачи. Действительно, если измеряется сила, которая должна воздействовать на пробную частицу в точке поля в момент t , то, значит, частица должна помещаться именно в этой точке в данный момент времени. Но для этого сама частица должна быть принята за точечную. Понятно, что при измерениях в очень малых областях таким требованиям могут удовлетворить только микрочастицы, подчиняющиеся законам квантовой механики.

Но затем представление о квантовомеханической пробной частице было неявно перенесено на любую ситуацию идеализированного измерения полевых величин в квантовой области. Ландау и Пайерлс сосредоточили внимание на ее взаимодействии с прибором и обнаружили, что здесь неизбежно возникает возрастающая неопределенность импульса квантовой пробной частицы, если измерение происходит за малые промежутки времени.

При определении величин, характеризующих состояние квантовых систем в релятивистской области, необходимы именно такие промежутки, поскольку состояние системы здесь может изменяться достаточно быстро за время измерения. Отсюда напрашивался вывод о невозможности точной регистрации соответствующих параметров пробной частицы, а значит, и определения классических наблюдаемых, характеризующих квантовую систему в релятивистской области.

Этот вывод был логически безупречен, но только при одном условии — если предполагается, что средством измерения служит точечная квантовая пробная частица.

Сомневаться в правомерности последнего допущения большинству исследователей просто не приходило в голову. Но именно его критический анализ приводил к решающему прояснению ситуации. Такой анализ был осуществлен Н. Бором. Бор выдвинул идею, обеспечившую выход из затруднений кризисного периода: он предложил заменить в мысленных экспериментах по проверке измеримости полевых величин точечную квантовомеханическую частицу классическим пробным телом. Историки квантовой электродинамики, в том числе и соавтор Н. Бора Л. Розенфельд, ярко описавший этот “героический” (терминология Розенфельда) период развития квантовой

физики, обычно отмечают чрезвычайную продуктивность указанной идеи Бора, хотя обычно оставляют в тени логику ее возникновения. Между тем с методологической точки зрения выявление этой логики особенно важно, поскольку в этом случае идея Бора предстает не только как продукт гениальной интуиции и “внезапно возникшей догадки”, но и как *логически необходимый* шаг теоретического исследования. По-видимому, основным условием для осуществления этого шага был анализ понятия пробного тела в аспекте особенностей квантовомеханического измерения. Рассмотрим эту сторону дела более подробно. Хорошо известно, что большинство измерений, связанных с экспериментом, предполагает использование особого физического агента, который служит средством передачи наблюдателю информации о состоянии измеряемого объекта. Таким агентом может быть, например, заряженное тело в опытах по измерению напряженностей электрического поля, объем некоторой жидкости в опытах по измерению температуры, поляризуемый пучок света в опытах с кристаллами и т. д. Все агенты подобного типа суть конкретные разновидности пробных тел.

Построение правил соответствия (операциональных определений) основано на мысленных экспериментах, которые представляют собой идеализацию реальной экспериментально-измерительной деятельности. В связи с этим в теоретических рассуждениях физики начинает фигурировать особый идеализированный объект — пробное тело. Его общие признаки выводятся из анализа функций конкретных разновидностей пробных тел в эксперименте. Такой анализ позволяет выделить три основных и обязательных признака пробного тела: во-первых, оно должно взаимодействовать с изучаемой физической системой, изменяя свое состояние коррелятивно состоянию этой системы; во-вторых, пробное тело должно транслировать приобретенное состояние вплоть до взаимодействия с прибором-регистратором [59]; в-третьих, взаимодействие пробного тела с прибором-регистратором должно давать наблюдателю такую информацию о состоянии пробного тела, чтобы на ее основании можно было судить о состоянии изучаемой физической системы (в этом случае наблюдатель на основе показаний прибора заключает о значении физических величин, характеризующих состояние измеряемой системы).

Указанные признаки пробных тел можно легко проиллюстрировать на простых примерах. Допустим, производится измерение температуры ртутным термометром. Роль пробного тела играет некоторый объем ртути, заключенной в стеклянный баллончик. Возможность его использования в качестве средства измерения обусловлена тем, что: 1) изменение объема ртути (состояния пробного тела) происходит коррелятивно температуре измеряемых тел; 2) в определенных границах всегда можно соблюсти требование, чтобы вплоть до наблюдения за шкалой (прибор-регистратор), относительно которой фиксируют высоту столбика ртути, либо вообще не будет происходить изменение высоты этого столбика (объема ртути) под влиянием внешних условий, либо, если такое изменение и произойдет, то его можно учесть, применяя соответствующие уравнения (например, уравнение теплового баланса); 3) сам акт регистрации высоты столбика ртути наблюдателем не меняет состояние этого пробного тела так, чтобы оно перестало давать информацию об измеряемой температуре (такое требование соблюдается, поскольку можно, например, абстрагироваться от воздействия на столбик ртути падающего света, который необходим для снятия показаний со шкалы, учесть в самом конструировании термометра при градуировке шкалы эффект изменения объема ртути вследствие ее теплообмена со шкалой и т. д.). Иначе говоря, использование баллончика с ртутью в качестве средства измерения температуры возможно потому, что при этом соблюдаются признаки коррелятивности, трансляции и регистрируемости состояния, которое приобретает данное пробное тело при

взаимодействии с измеряемым объектом. Нетрудно убедиться, что подобного типа требования соблюдаются относительно любых пробных тел в любом эксперименте. Они являются общими и существенными признаками всего класса пробных тел и поэтому образуют содержание соответствующего понятия.

Применительно к экспериментально-измерительным ситуациям классической, квантовой и квантово-релятивистской физики отмеченные признаки конкретизируются в ряде специальных допущений.

В классической физике, например, предполагается, что, во-первых, пробное тело не влияет на состояние изучаемого объекта, с которым оно взаимодействует, и, во-вторых, что возмущающими воздействиями со стороны прибора-регистратора на пробное тело в момент измерения в принципе можно пренебречь. Разумеется, оба допущения являются идеализациями, но такими, которые учитывают особенности реальных экспериментов и измерений в классической области. Бесспорно, всегда имеются возмущения, которые пробное тело вносит в состояние изучаемого объекта, и возмущения, которые испытывает само пробное тело со стороны прибора-регистратора за промежуток времени, необходимый для измерения (началом которого является взаимодействие пробного тела с прибором, с окончанием показания прибора). Но в экспериментально-измерительных ситуациях, где элементы системы — пробное тело и прибор-регистратор — принадлежат к классическим объектам, всегда можно либо подобрать условия эксперимента, при которых упомянутые возмущения будут пренебрежительно малы, либо учесть такие возмущения путем вычислений и введения соответствующих поправок.

Однако все эти допущения оказываются неприменимыми при переходе к измерениям квантовых объектов. В таких измерениях физическая система, сведения о состоянии которой дает измерение, всегда представляет собой микросистему, тогда как прибор, регистрирующий значения величин, которые характеризуют состояние данной системы, принадлежит всегда к объектам макроуровня. Пробное тело, будучи посредником между измеряемой микросистемой и прибором-регистратором, должно взаимодействовать с первой тоже как микросистема. Существование кванта действия не позволяет пренебречь обратным воздействием пробного тела на измеряемый объект, и поэтому в квантовой области следует отказаться от идеализации пробного тела, не воздействующего на объект измерения. Такой отказ означает, что в квантовомеханических измерениях, в отличие от классических ситуаций, состояние системы до и после измерения нельзя идентифицировать. Воспроизводя одни и те же условия и повторяя одно и то же измерение над “приготовленным” состоянием квантовой системы, мы получим не один и тот же, а различные результаты. Однако каждый из них можно ожидать с определенной вероятностью, если охарактеризовать некоторой волновой функцией состояние системы до измерения. Такая связь между математическим ожиданием результатов измерения и характеристикой состояния измеряемой системы позволяет предсказывать на основе знания волновой функции результаты измерения (измерения квантовых систем не являются повторимыми, но являются предсказуемыми[60]).

Таким образом, квантовомеханический характер взаимодействия пробного тела с измеряемым объектом не препятствует получению наблюдателем информации о состоянии этого объекта. Пробное тело, участвуя в квантовых взаимодействиях, меняет свое состояние коррелятивно состоянию изучаемой системы (хотя характеристики состояния здесь уже не такие, как в классической физике). В этом смысле первый признак, характеризующий пробные тела, остается в силе и тогда, когда их взаимодействие с объектом измерения подчиняется квантовым законам.

Но существует еще одно взаимодействие, когда пробное тело передает информацию об объекте измерения прибору-регистратору. Если пробное тело

взаимодействует с прибором тоже по квантовым законам, то каким образом это сказывается на функциях пробного тела? Может ли оно, будучи квантовой частицей, во-первых, транслировать свое состояние, приобретенное в процессе взаимодействия с измеряемой системой, вплоть до взаимодействия с прибором-регистратором и, во-вторых, передавать ему без искажений приобретенную информацию об измеряемой системе?

В нерелятивистской области, когда состояние квантовой системы не меняется за время, сравнимое со временем измерения, можно удовлетворить обоим указанным условиям[61]. Но в релятивистской области, как показало исследование Ландау и Пайерлса, ситуация радикально меняется. Здесь использование квантовых частиц в функции пробных тел приводит к тому, что соблюдение одного из определяющих условий существования таких тел автоматически исключает второе. Пробная частица вступает во взаимодействия, в которых состояние систем изменяется за промежутки, сравнимые со временем измерения. Провзаимодействовав с измеряемой системой, пробная частица еще до того, как передаст информацию прибору-регистратору, способна испытать со стороны этой системы воздействие нового типа, вследствие того, что взаимодействие в релятивистской области сопряжено с рождением новых частиц, причем порожденных как измеряемой системой, так и самим точечным пробным телом. Влияние указанных частиц на пробное тело будет искажать его состояние тем больше, чем длительнее промежутки измерения. Отсюда возникает требование регистрировать состояние пробной частицы за как можно меньшие промежутки времени после начала ее взаимодействия с измеряемой системой. Но выполнение этого условия, как указывалось выше, приводит к неустранимым возрастающим погрешностям в определении величин, характеризующих состояние пробной частицы. Таким образом, требования трансляции состояния, передающего информацию об измеряемой системе, и требование регистрации этой информации без искажений оказывались взаимоисключающими для точечной квантовомеханической частицы, используемой в функции пробного тела при измерениях в релятивистской области. Измерения, осуществляемые с помощью таких частиц, оказывались непредсказуемыми.

Получалось, что точечная частица, применяемая в функции пробного тела, в релятивистской области теряет те признаки, по которым она может быть отнесена к классу пробных тел. Это и был ключевой момент в переходе от анализа Ландау — Пайерлса к процедурам Бора — Розенфельда. Из мысленных экспериментов Ландау и Пайерлса следовало только одно — квантовомеханическая частица не может быть пробным телом при измерении квантованного поля, но отсюда вовсе не вытекало, что квантовомеханические методы не применимы в релятивистской области. После такого вывода сразу же возникал сдвиг проблем. Задача теперь состояла в том, чтобы осуществить идеализированные процедуры измерения в квантово-релятивистской области, не пользуясь квантовомеханическими пробными частицами.

Для достижения этой цели оставался только один путь — обратиться к классическим пробным телам. Все проблемы, связанные с трансляцией состояния пробной частицы и ее взаимодействием с классическим прибором, при таком подходе автоматически устранялись. Если пробное тело — классический объект, то при описании его взаимодействия с прибором-регистратором вполне применимы классические идеализации, согласно которым можно либо пренебречь возмущающим воздействием прибора, либо учесть его путем соответствующих поправок. Оставалось решить вопрос о взаимодействии пробного тела с измеряемым квантовым объектом.

Очевидно, что такое взаимодействие должно протекать в соответствии с квантовыми законами. Как же может оно осуществляться, если пробное тело не микрочастица, а классический объект? Ответ давался просто: квантовые системы всегда предполагают описание в терминах макроскопических параметров, и квантовые взаимодействия, по определению, должны включать в конечном своем звене взаимодействие с классическим прибором. Последнее может быть осуществлено уже в первом шаге (терминология Мандельштама), когда мы имеем дело с прямыми измерениями, и через ряд последующих звеньев, когда измерения косвенные.

Применение классических пробных тел в качестве средства получения информации о квантовых системах в релятивистской области может осуществляться в двух формах: а) когда исследователь абстрагируется от детального рассмотрения и учета атомной структуры пробных тел, считая последние особой частью классической приборной установки, приспособленной для измерения соответствующих полевых величин; б) когда такая структура учитывается, т. е. пробное тело рассматривается в качестве своеобразного конгломерата микрочастиц (например, распределения электронов в некотором объеме, образующем пробный заряд), который приводится во взаимодействие с изучаемым объектом, а затем взаимодействует с прибором, проявляя себя уже как классический объект.

В первом случае измерения являются прямыми, но в отличие от прямых измерений в нерелятивистской области здесь следует принять во внимание способность измеренных квантовых объектов менять свое состояние за промежутки, сравнимые с временем измерения. Поэтому возникают ограничения при определении наблюдаемых, отмеченные еще Ландау и Пайерлсом (но эти ограничения уже относятся не к пробным телам, а к самим измеряемым объектам и являются их существенной характеристикой). Указанные ограничения состоят в том, что для измерения отдельно взятой классической величины, определяющей состояние системы, необходимо время, не превышающее промежутков, за которые возможно возмущение состояния, описываемого данной величиной. Если это осуществить нельзя, то измерение уже не пар, а отдельно взятой величины будет давать некоторую неопределенность, коррелятивную промежутку измерения (например, для координаты q и импульса p точечной частицы в релятивистской области возникают

неопределенности $\left(\Delta p \sim \frac{h}{c\Delta t} \text{ и } \Delta q \sim \frac{h}{mc} \right)$.

Во втором случае, когда приходится учитывать атомистическую структуру пробных тел, измерения больше похожи на косвенные. Здесь прослеживаются квантовые эффекты взаимодействия измеряемого объекта и пробного тела, допустим, некоторого распределения заряда с учетом микроструктуры данного распределения. Такое взаимодействие в релятивистской области сопровождается рождением новых частиц, что дает определенный вклад в макроэффекты, фиксируемые прибором-регистратором.

Таким образом, классическое пробное тело, применяемое в квантовых измерениях, имеет как бы двойную природу: оно взаимодействует на микроуровне с измеряемым объектом и на макроуровне — с прибором-регистратором, благодаря чему передает информацию об измеряемом объекте наблюдателю и служит средством измерения квантовых систем.

Приведенные рассуждения можно расценить как логическую реконструкцию той познавательной деятельности, которая обеспечила переход от выводов Ландау — Пайерлса к фундаментальной идее Бора.

Нам хотелось бы обратить внимание на то, что анализ функций пробных тел в идеализированных измерениях представляет собой особое исследование, которое

осуществляется с применением метатеоретического языка по отношению к языку квантовой электродинамики (равно как и к языку любой другой конкретно-физической теории: классической механики, нерелятивистской квантовой механики и т. п.). Это язык логико-методологического анализа, посредством которого анализируются общие признаки пробных тел и выясняется смысл понятия “пробное тело”.

Указанное обстоятельство важно потому, что оно выявляет характерный для исследования выход в сферу методологической проблематики всякий раз, когда наука сталкивается с, казалось бы, неразрешимыми парадоксами. Разрешение парадоксов (либо обоснование их неразрешимости с последующей перестройкой ранее выдвинутой исследовательской программы) обеспечивается метатеоретическими исследованиями, связанными с анализом наиболее общих особенностей изучаемых объектов и осмыслением методов их теоретического познания.

В этом отношении характерно, что анализ функции пробного тела был целенаправлен, с одной стороны, общеметодологическим требованием связать основные величины уравнений с опытом путем соответствующих идеализированных измерений, а с другой — учетом специфики квантовомеханических объектов, предполагающих для своего описания обязательное применение классических идеализаций. Тот факт, что именно Нильсу Бору удалось осуществить этот анализ, имеет глубокие основания. Следует учесть решающую роль Бора в выяснении концептуальных основ квантовой механики и его постоянное внимание к ключевым проблемам квантовомеханической теории измерений [62], его методологическую эрудицию, которая позволяла ему схватывать самую сердцевину таких проблем и находить их решение. Все это позволило Бору первому преодолеть психологический барьер, возникший в связи с некритическим использованием в качестве пробной частицы точечного квантового объекта [63]. Но отмеченные факторы относятся уже к сфере психологии научного творчества. В плане же логики исследования важно, что существовал логически необходимый переход от мысленных экспериментов Ландау — Пайерлса к фундаментальной идее процедур Бора — Розенфельда. С этой точки зрения можно утверждать, что коль скоро была поставлена проблема квантования полей и были обнаружены трудности в интерпретации вводимых уравнений, то, если не Бор, то другой исследователь должен был проделать отмеченные шаги по пути к программе идеализированных измерений посредством классических пробных тел.

Перестройка теоретической модели квантованного электромагнитного поля и обоснование ее непротиворечивости

После того как программа Н. Бора была выдвинута, началась работа по ее реализации. Она была проведена в несколько этапов.

В первую очередь необходимо было интерпретировать в рамках идеализированных измерений с классическими пробными телами аппарат квантованного поля излучения. В случае успеха этой части программы предстояло распространить ее на область квантования источников поля, а затем на область взаимодействия квантованного поля с квантованными источниками.

Конечно, не было никаких гарантий, что боровская программа интерпретации уравнений квантовой электродинамики успешно разрешит все проблемы новой теории. Это могло показать только конкретное исследование. Но прогресс был налицо, поскольку стало понятно, как найти выход из противоречий предшествующего периода развития квантовой электродинамики.

Сама формулировка базисной идеи Бора указывала конкретные пути к перестройке на конструктивных началах предварительно введенной теоретической схемы квантованного поля излучения.

Прежде всего становилось ясным, какие наблюдаемые должны быть введены в данную схему взамен напряженностей поля в точке. Измерения полевых компонент должны были производиться с помощью классического пробного тела, которое всегда занимает некоторый объем V , а смещение пробного тела, посредством которого измеряется напряженность поля, всегда занимает некоторый промежуток времени τ . Поэтому напряженности поля могли быть точно определены в рамках мысленных экспериментов с классическими пробными телами только по области $V\tau$, но не в точке. Напрашивался вывод, что именно эти величины должны быть наблюдаемыми, характеризующими состояние квантованного поля.

Введение таких наблюдаемых означало решающее изменение прежней теоретической схемы (в ней появлялся новый абстрактный объект, и соответственно этому менялись связи между всеми другими ее элементами). Новая схема, естественно, давала и новую семантическую интерпретацию уравнений теории: она предполагала, что физический смысл должны иметь только напряженности квантованного поля, усредненные на некоторой пространственно-временной области (но не в точке!).

Разумеется, такая интерпретация пока еще была гипотезой. Могло оказаться, что она не согласуется со структурой уже созданного формализма либо требует внести в него такие коррективы, которые противоречат фундаментальным основам квантования полей. Могло оказаться далее, что вместо прежних парадоксов теоретической схемы возникают новые и интерпретация становится логически противоречивой. Возможность появления подобных парадоксов и рассогласований на этапе перестройки первоначальной теоретической схемы легко объяснима, если учесть основные особенности строения и функционирования таких схем.

Во-первых, вводимый в прежнюю схему новый элемент всегда меняет корреляции между всеми остальными ее элементами, а поскольку такие корреляции описываются в уравнениях, постольку в первую очередь следует проверить, будет ли удовлетворять предложенная модернизация теоретической схемы уже построенному математическому формализму или же она потребует его преобразования.

Во-вторых, изменение корреляций между абстрактными объектами, образующими теоретическую схему, может неявно наделять объекты такими новыми признаками, которые будут несовместимы с прежними, уже прошедшими через процедуры конструктивного обоснования. Поэтому следует выяснить, не разрушает ли новый объект того конструктивного и эвристического содержания, которое было заложено в теоретическую схему предшествующим развитием теории.

Конечно, успешное осуществление указанных операций еще не гарантирует правильности новой (перестроенной) схемы.

Даже если будут установлены ее соответствие аппарату теории и ее внутренняя непротиворечивость, то все равно схема еще останется гипотетической конструкцией. Из этого статуса выводят только процедуры конструктивного введения ее абстрактных объектов, в ходе которых схема обосновывается в качестве обобщенной модели соответствующих ей экспериментов и измерений.

В этом смысле окончательная семантическая интерпретация аппарата теории появляется только после того, как будет построена его эмпирическая интерпретация. Их расчленение и рассмотрение вне взаимного влияния возможно только до определенных пределов. Но поскольку проведение процедур конструктивного обоснования, обеспечивающих эмпирический смысл уравнений, чрезвычайно трудоемко, постольку, прежде чем приступить к ним, необходимо убедиться в перспективности предполагаемого пути их осуществления. Именно для этой цели и производится предварительная проверка соответствия между обновленной теоретической схемой и аппаратом теории и проверка внутреннего согласования ее

объектов. Такую проверку мы будем называть потенциальной интерпретацией, поскольку окончательная (“актуальная”) семантическая интерпретация формируется только благодаря отысканию эмпирического смысла основных величин, связанных в уравнениях теории.

Анализ истории квантовой электродинамики показывает, что первые шаги по пути к осуществлению боровской программы идеализированных измерений как раз были связаны с потенциальной интерпретацией уравнений квантованного электромагнитного поля. Предложив перестроить первоначально введенную теоретическую схему в новую, в которой место наблюдаемых компонент поля в точке заняли другие наблюдаемые (компоненты поля, усредненные по конечной пространственно-временной области), Бор прежде всего проверил, насколько согласуется такая схема с математическим формализмом теории, а затем, совместно с Розенфельдом, обосновал внутреннюю непротиворечивость новой схемы.

Проверка первого типа показала, что существует полное соответствие между основной идеей новой интерпретации и характером математического аппарата квантованного электромагнитного поля.

Анализируя этот аппарат, Бор установил, что в нем идеализации поля в точке применяются только как формальный вспомогательный конструкт и не имеют реального физического смысла, тогда как компоненты поля, усредненные по некоторой конечной пространственно-временной области, обладают таким смыслом. Это следовало из самого характера перестановочных соотношений для операторов поля \hat{E} и \hat{H} . Дело в том, что указанные перестановочные соотношения выражались через обобщенные функции типа δ -функции, введенной Дираком при построении перестановочных соотношений в непрерывном спектре. Фундаментальным свойством такой функции является ее способность обращаться в нуль во всех точках кроме одной, где она равна бесконечности. Соответственно этому должны были вести себя и величины поля в точке. Однако δ -функция обладает и таким замечательным свойством, что при интегрировании по всем значениям ее переменных она обращается в единицу. В перестановочных соотношениях аргументами обобщенных функций, которые выражались через производные от δ -функции, были пространственные и временные координаты. Отсюда интегрирование по некоторой пространственно-временной области давало конечные значения для правых частей коммутаторов полевых величин и соответствующих соотношений неопределенностей для этих величин. Иначе говоря, интегралы от компонент поля, взятые по конечной пространственно-временной области, получали однозначный смысл.

Таким образом, из структуры самого математического формализма квантовой электродинамики следовало, что физически осмысленными являются не утверждения о полях в точке, а утверждения о средних значениях полевых компонент, взятых по конечным пространственно-временным областям. Это был первый сигнал плодотворности перестроенной теоретической схемы и соответственно перспективности намеченной Бором программы идеализированных измерений компонент квантованного поля с помощью классических пробных тел.

Отметим, что описанный нами этап познавательной деятельности Бора в истории физики обычно излагается как бы в перевернутом виде. Считается, что Бор вначале обнаружил, что в математическом аппарате имеют смысл только усредненные напряженности поля, и лишь затем, опираясь на эти особенности аппарата теории, пришел к выводу о необходимости применения классических пробных тел. Утверждения подобного типа можно найти, например, в воспоминаниях Л. Розенфельда о совместной деятельности с Н. Бором. Более того, в

оригинальном тексте Бора и Розенфельда, посвященном анализу измеримости электромагнитного поля, изложение ведется подобным же образом [64]. Неудивительно, что авторы исторических эссе, описывая развитие квантовой электродинамики, как правило, идут тем же путем, воспроизводя изложение самих исследователей, построивших интерпретацию уравнений квантованного электромагнитного поля. Однако, рассматривая то или иное изложение теории ее создателями, необходимо учитывать, что логика изложения результатов исследования и логика достижения этих результатов, как правило, не совпадают. При дедуктивных методах изложения началом служат утверждения, которые в исследовании были конечным результатом. Поэтому реальный исторический ход мышления, приводящий к некоторому результату, редко воспроизводится без отклонений в научном тексте, излагающем полученный результат. Что же касается ретроспективного анализа истории того или иного открытия его творцами, то нельзя упускать из виду, что многократные публикации полученных результатов, в которых отыскивалась логика наиболее доступного и компактного изложения материала, способны довольно сильно деформировать представление о путях достижения указанных результатов. Поэтому к историческим свидетельствам создателей той или иной теории всегда следует относиться с чрезвычайной осторожностью. По этому поводу А. Эйнштейн писал: “Если вы желаете узнать у физиков-теоретиков об их методе, то я вам советую руководствоваться следующим принципом: судите не по их словам, а по делам”. Конечно, это не означает, что рефлексия исследователей, строивших теорию, не дает сколько-нибудь ценных исторических свидетельств. Речь идет только о том, что не всякое такое свидетельство следует воспринимать как бесспорный исторический факт, тем более, что при ретроспективном анализе в мемуарной литературе чаще всего восстанавливаются только узловые результаты творчества, но не ход мышления, приведший к ним. Последний остается как бы за кулисами эмпирической истории науки и нуждается в специальной реконструкции. Бесспорно, обнаружение того обстоятельства, что только полевые средние, а не поля в точке обладают физическим смыслом в структуре математического формализма квантовой электродинамики, было одним из ключевых моментов в построении адекватной интерпретации этого формализма. Но чтобы зафиксировать указанное обстоятельство, которое, кстати, не было замечено почти всеми исследователями, создававшими новую теорию, нужно было подойти к анализу математического аппарата с особых позиций. Одним указанием на гениальную интуицию Н. Бора нельзя объяснить, почему другие исследователи (в том числе и теоретики такого ранга, как В. Паули и В. Гейзенберг), с пристальным вниманием относившиеся к дискуссии по проблемам измеримости поля, прошли мимо отмеченного обстоятельства. Дело, вероятно, в том, что сама исследовательская интуиция Бора была обусловлена особой точкой зрения, которая позволила ему видеть то, чего не видели другие физики-теоретики. Выше мы как раз и пытались показать, что эта особая точка была сформирована предварительно проделанным анализом понятия пробного тела под углом зрения коренной проблемы квантовомеханического описания — проблемы отношения квантового объекта к классическому прибору. По-видимому, наиболее интенсивно этот анализ производился в феврале 1931 г. в Копенгагене в дискуссиях между Бором, с одной стороны, и Ландау и Пайерлсом, с другой. Яркое описание эмоциональной атмосферы этих дискуссий можно найти в упоминавшихся статьях Л. Розенфельда, посвященных истории квантовой электродинамики [65]. Из самого изложения Розенфельда видно, что дискуссии по основаниям измерительных процедур квантовой электродинамики и обсуждение статуса пробных тел предшествовали решающему замечанию Бора о том, что компоненты поля в пространственно-временных точках используются в формализме

теории как вспомогательная идеализация, не имеющая непосредственного физического смысла. Анализ понятия пробного тела показывал, что квантовая частица, применяемая в мысленных экспериментах по измеримости квантованных полей, не удовлетворяет основным определениям пробного тела. Отсюда следовала гипотеза классических пробных тел. Она, в свою очередь, логически вела к гипотезе усредненных компонент поля, которые должны заменить поле в точке. Последнее же как раз и стимулировало соответствующий анализ математического формализма теории.

Установленное Бором согласование между математическим аппаратом и перестроенной теоретической схемой квантовой электродинамики позволило перейти ко второму этапу проверки такой схемы в рамках потенциальной интерпретации. Отмеченный этап заключался в установлении внутренней взаимосогласованности объектов, образующих теоретическую схему. В частности, предстояло выяснить, не противоречит ли идее полевых средних представление о поле как системе с переменным числом частиц. Обе эти характеристики были одинаково необходимы для описания квантованных полей, поскольку в одной из них фиксировались корпускулярные свойства (поле как система частиц, способных с определенной вероятностью появляться и исчезать в соответствующих квантовых состояниях), а в другой — волновые (поле как интегральная система, описываемая классическими волновыми величинами, наблюдаемые значения которых образуют спектр собственных значений соответствующего оператора поля).

Предварительный анализ показывал, что напряженности поля, усредненные по области τ , должны испытывать флуктуации вследствие эффектов рождения и уничтожения фотонов в данной области, а значит, не могут иметь точного значения. На эту особенность обращали внимание еще Ландау и Пайерлс, подчеркивая, что принципиальная неопределенность полевых компонент в точке распространяется и на усредненные по некоторой области полевые компоненты. Ландау и Пайерлс видели в этом подтверждение тезиса о принципиальной неприменимости понятия “электромагнитное поле” в квантовой области.

Казалось бы, что новая теоретическая схема воспроизводит парадоксы старой: представление о поле как системе с переменным числом частиц и представление о поле как системе, характеризуемой классическими компонентами напряженностей, усредненными по некоторой пространственно-временной области, оказывались несовместимыми.

Однако Н. Бор и Л. Розенфельд показали, что ситуация с напряженностями поля в точке и ситуация с усредненными напряженностями радикально отличны. В противоположность первой вторая уже не приводит к логически противоречивым утверждениям, даже если принять идею флуктуаций. Произведя тщательный анализ особенностей аппарата теории, Бор и Розенфельд показали, что при измерениях усредненных компонент поля нужно различать два случая: когда временной интервал усреднения τ , умноженный на скорость распространения электромагнитной волны c , достаточно велик по сравнению с линейными размерами L объема V , по которому производится усреднение (т. е. $L \leq c\tau$), и противоположный случай, когда время τ , умноженное на c , мало по сравнению с L ($L > c\tau$). В первом случае нельзя отвлекаться от флуктуаций при определении усредненных по области V напряженностей поля. Это обусловлено тем, что за время измерения в пространственную область V , по которой усредняются напряженности, успевают распространиться из других областей фотоны, возникшие при излучении. Отвлечение от флуктуаций компонент поля возможно в этом случае только за счет вырождения квантовой электродинамики в классическую теорию электромагнетизма [66].

Совершенно иначе обстоит дело, когда величины поля усредняются по области, где $L > c\tau$. В этом случае область усреднения не связана с соседними областями световыми сигналами и поэтому в ней присутствуют только фотоны, ранее попавшие в эту область (световая волна за время измерения проходит расстояние меньшее L). Это позволяет пренебречь флуктуациями при определении усредненных компонент поля, не теряя его квантовых особенностей. Величины таких флуктуаций будут каждый раз входить в значение определяемых напряженностей в области $V\tau$, и при $L \gg c\tau$ их можно минимизировать.

Наличие такого варианта является решающим обстоятельством, которое радикально различает старую и новую ситуации измеримости полевых компонент. Легко видеть, что при рассмотрении величин поля в точке описанный вариант ($L > c\tau$), по определению, исчезает (так как $L \rightarrow 0$). Поэтому парадоксы неизмеримости здесь становятся принципиально неустраиваемыми.

Внутренняя согласованность объектов перестроенной теоретической схемы была вторым сигналом плодотворности намеченной Бором программы. Теперь, после проверки теоретической схемы квантованного поля излучения с точки зрения ее непротиворечивости и ее соответствия характеру математического формализма можно было приступить к решающему моменту интерпретации — процедурам конструктивного введения абстрактных объектов, образующих указанную теоретическую схему.

Доказательство измеримости квантованного поля излучения

Рассмотрим более детально, в чем заключались основные особенности процедур конструктивного обоснования предложенной Бором теоретической схемы квантованного поля излучения. Приступая к их осуществлению, Н. Бор и Л. Розенфельд в начале зафиксировали те исходные признаки абстрактных объектов, которые вводились в качестве их определения в рамках теоретической схемы квантованного поля излучения и которые предстояло теперь получить как результат идеализированных измерений. Такие признаки соответствовали основным корреляциям абстрактных объектов внутри теоретической схемы и могли быть установлены через анализ фундаментальных зависимостей математического аппарата.

После того как в теоретической схеме напряженности поля в точке были замещены напряженностями, усредненными по пространственно-временной области, основными математическими зависимостями теории, имеющими

непосредственный физический смысл, стали правила коммутации для операторов \hat{E}

и \hat{H} усредненных полей. Они заняли место перестановочных соотношений для операторов поля в точке и формально легко выводились из них путем интегрирования по соответствующим областям пространства-времени. В свою

очередь, из правил коммутации \hat{E} и \hat{H} легко можно было получить соотношения неопределенностей для усредненных компонент поля. Из них следовало, что:

1) всегда можно точно определить величину отдельно взятых компонент напряженностей поля, усредненных по некоторой пространственно-временной области (предполагалось, что в измерении всегда можно получить точное значение каждой отдельно взятой компоненты \bar{E} и \bar{H} , причем такое, которое принадлежит к спектру собственных значений ее оператора, а следовательно, с определенной вероятностью должно ожидать в опыте);

2) одноименные компоненты поля, например, \bar{E}_x^I и \bar{E}_x^{II} , усредненные по двум различным, несовпадающим областям пространства-времени, не могут быть совместно определены с точностью, превышающей \hbar ;

3) две разноименные компоненты поля \overline{E}_x и \overline{H}_x , усредненные по различным, несовпадающим областям, могут быть определены с любой точностью.

Конструктивное обоснование теоретической схемы означало, что наблюдаемые, обладающие перечисленными признаками, должны быть введены как идеализации, опирающиеся на реальные особенности экспериментов и измерений в квантово-релятивистской области.

Первый шаг на этом пути заключался в проверке измеримости отдельно взятой усредненной компоненты поля. Для этой цели осуществлялся мысленный эксперимент, в котором пробное тело, объем которого V совпадал с границами области усреднения измеряемого поля, помещалось в эту область и за время (равное времени усреднения) получало импульс от поля, который должен был регистрироваться прибором. Согласно предварительно установленным условиям проверки теории ($L > c\tau$), предполагалось, что линейные размеры пробного тела больше, чем умноженное на скорость света время измерения τ .

Бору и Розенфельду предстояло доказать, что все принципиальные трудности, которые возникали в мысленных экспериментах Ландау — Пайерлса с точечными пробными телами, устраняются в новом типе идеализированных процедур измерения.

Более или менее подробное знакомство с рассуждениями Бора и Розенфельда обнаруживает, что это доказательство производилось путем тщательного анализа деталей мысленного эксперимента на основе постоянного сопоставления теоретических следствий с реальными возможностями экспериментальной деятельности. Рассуждения, в ходе которых была решена данная задача, не только оставляют отмечаемое многими историками науки глубокое впечатление красоты исследовательской мысли, находившей выход из, казалось бы, неразрешимых парадоксов, но и могут служить своего рода эталонным образцом той деятельности, которая обеспечивает адекватную интерпретацию математического аппарата современной теории.

На примере указанных рассуждений можно проследить, каким путем создаются операциональные определения или (в терминологии Мандельштама) рецепты связи физических величин математического аппарата с опытом и как в процессе построения таких рецептов формируется понятийная структура физической теории на современном этапе ее развития.

Узловыми моментами в доказательстве принципиальной измеримости отдельно взятой усредненной компоненты поля были:

1. анализ возможностей локализовать пробное тело в области V за время измерения τ ;
2. анализ процесса передачи импульса от пробного тела прибору-регистратору;
3. точный учет полей, излучаемых пробным телом при измерении компоненты поля [67].

Характерный метод рассуждения Бора и Розенфельда на этой стадии анализа состоял в следующем: вначале они фиксировали трудности и внешне парадоксальные следствия, к которым приводил теоретический анализ измеримости поля, основанный на использовании абстрактных представлений о пробных телах, а затем показывали как можно преодолеть отмеченные трудности, если уточнить признаки пробных тел и соответственно этому конкретизировать условия идеализированного измерения путем учета реальных особенностей физических экспериментов и измерений в квантово-релятивистской области

Продвигаясь таким путем от общей и абстрактной схемы идеализированной измерительной процедуры к ее детальной и конкретной разработке, Бор и Розенфельд шаг за шагом решали возникающие проблемы измеримости полей.

Показательно, например, как была решена с этих позиций проблема локализации пробного тела в пространственно-временной области измерения V_{τ} . Согласно основному замыслу измерительной процедуры, необходимо было точно определить именно тот импульс, который был приобретен пробным телом в области V_{τ} .

Для этой цели следовало по возможности максимально контролировать пробное тело от влияния соседних областей измеряемого поля за время τ и строго зафиксировать сам промежуток измерения τ (иначе границы области измерения оказались бы размытыми). Чтобы добиться соблюдения отмеченного условия, следовало определить импульс пробного тела дважды: один раз непосредственно перед его взаимодействием с полем в области V в самом начале промежутка τ , второй раз — в конце этого промежутка, после того как пробное тело провзаимодействовало с полем в области V . Тогда по разности значения импульсов P_x^I и P_x^E в начале и конце τ можно было судить о величине измеряемой напряженности поля. При этом, чтобы сохранить строго определенный промежуток времени усреднения τ , процесс регистрации прибором импульса пробного тела P_x^I и P_x^E должен был занимать время Δt , намного меньшее, чем общее время измерения τ .

Однако описанное уточнение измерительной процедуры, хотя и было необходимым условием локализации пробного тела в пространственно-временной области измерений, еще не устраняло главных препятствий на этом пути.

В частности, существовали трудности, связанные со смещением пробного тела в процессе измерения. Суть их заключалась в следующем. Взаимодействуя с полем, а затем с прибором-регистратором, пробное тело каждый раз должно было получать некоторую отдачу. Вследствие этого, первоначально занимая пространственную область усреднения V , оно затем выходит за рамки этой области и, если его смещение за время τ достаточно велико, начинает испытывать возмущающее воздействие со стороны поля в соседних областях.

В этом случае по разности P_x^I и P_x^E импульсов пробного тела в начале и конце промежутка τ уже нельзя судить об измеряемой напряженности поля в области V_{τ} . Чтобы избежать этого, необходимо было обеспечить пренебрежимо малые смещения пробного тела за время измерения τ . Бор и Розенфельд решают данную проблему за счет уточнения признаков пробного тела и условий измерительной процедуры. Они предполагают, что пробное тело должно иметь большую массу, которая делает минимальной его отдачу [68]. Для классических пробных тел это условие легко осуществимо (в отличие от точечных зарядов). Нетрудно убедиться, что этот признак пробных тел легко обосновывается путем идеализации реальных опытов, в которых исследователь варьирует массу пробного тела в достаточно широком диапазоне.

При решении проблемы локализации пробного тела в области V_{τ} возникали трудности более сложного характера, например, связанные с соотношением неопределенностей между импульсом и координатой пробного тела.

Поскольку импульс пробного тела требуется измерять точно, постольку появляется растущая неопределенность в его координате, а значит, и невозможность точно локализовать пробное тело в заданной пространственной области измерения поля. Любое точное измерение импульсов пробного тела P_x^I и P_x^E в начале и конце промежутка измерения τ и соответственно этому точное определение импульса (P_x^E

— $\frac{\partial A}{\partial x}$) означает увеличение неопределенности Δx пространственной области измерения. Отсюда получалось, что компонента поля, допустим \bar{E}_x , усредненная по области V_τ , не может быть измерена. Учитывая, что значение компоненты \bar{E}_x

определяется по формуле $\bar{E}_x = \frac{P_x^{\text{ii}} - P_x^{\text{i}}}{\rho V_\tau}$ (где ρ — плотность заряда пробного тела [69]), и принимая во внимание соотношение неопределенностей $\Delta x \Delta p \sim \hbar$, можно получить выражение для неопределенности, с которой будет каждый раз

измеряться усредненная компонента \bar{E}_x , а именно выражение $\Delta \bar{E}_x \sim \frac{\hbar}{\rho \Delta x V_\tau}$.

Внешне кажется, что здесь восстанавливался в правах тезис Ландау и Пайерлса о принципиальной неизмеримости поля. Однако Бор и Розенфельд показывают, что классическая природа пробных тел позволяет преодолеть возникший парадокс. Можно, допустив неопределенность Δx в положении пробного тела, сделать ее много меньшей того смещения, которое испытывает тяжелое пробное тело при измерении его импульса. Затем при весьма малом Δx можно увеличивать плотность заряда ρ , распределенного по объему пробного тела. Тогда, как видно из формулы

$\Delta \bar{E}_x \sim \frac{\hbar}{\rho \Delta x V_\tau}$, $\Delta \bar{E}_x$ будет уменьшаться. В принципе таким путем возможно всегда добиться измерения компоненты поля в пределах точности, которые необходимы для проверки теории [70]. Таким образом, проблему решает введение достаточно большого заряда пробного тела, компенсирующего погрешности в измерении поля, вызванные соотношением неопределенностей. Этот признак пробного тела, будучи необходимым условием для точных измерений поля так же, как и требование относительно большой массы пробных тел, легко обосновывался реальными возможностями физического эксперимента.

Для классических пробных тел варьирование их заряда принципиально осуществимо (что невозможно для точечных квантовых частиц, с которыми оперировали в мысленных экспериментах Ландау и Пайерлса). Но допуская любые плотности заряда при равномерном их распределении по объему пробного тела, Бор и Розенфельд сразу же столкнулись с новыми проблемами. Предполагать равномерное распределение заряда любой плотности по объему пробного тела можно было лишь в том случае, если пренебречь атомным строением пробных тел. Но тогда возникал вопрос: можно ли игнорировать эту сторону дела в квантовой области? Допустимо ли, производя мысленные эксперименты по измерению поля, не учитывать квантовых свойств пробного заряда? Проблема была принципиальной важности, поскольку было очевидно, что при взаимодействии с полем пробные тела добавляются к источникам поля, а их атомное строение в принципе должно было сказываться на квантовых процессах, характеризующих поле. Поэтому нужно было специально доказывать правомерность отвлечения от атомной структуры пробных тел при измерениях компонент квантованного поля.

Такое доказательство было проведено Бором на основе тщательного анализа особенностей аппарата квантовой электродинамики и учета общих принципов квантования полей.

Математический аппарат теории квантованного поля излучения не вводил какого-либо универсального масштаба пространственно-временных размеров: в формализме теории фигурировали только две константы — \hbar и c , “из которых нельзя было составить характерную длину или интервал” [71].

Это как раз и означало, что в рамках теории квантованного поля излучения при описании взаимодействий поля с пробными телами последние нужно рассматривать только как классическое распределение заряда, без учета квантовых особенностей такого распределения.

Однако указанная ссылка на особенности формализма теории была необходима, но еще недостаточна для полного решения проблемы, поскольку, как отмечает в историческом обзоре квантовой электродинамики Розенфельд, именно “математическая непротиворечивость формализма была тогда под большим сомнением”[72]. Тем более, что к моменту проведения процедур Бора — Розенфельда уже существовал аппарат, описывающий взаимодействие поля с квантованными источниками. Поэтому было неясно, можно ли проводить процедуры измерения поля, игнорируя этот более сложный механизм квантовых взаимодействий в релятивистской области.

Учитывая все это, Бор подкрепляет намеченное решение методологическим анализом особенностей и принципов квантования электромагнитного поля.

Л. Розенфельд в своем историческом обзоре подчеркивает, что Н. Бор вначале обратил внимание на принципиальную сторону дела, а именно на то обстоятельство, что любая характеристика квантовой системы предполагает применение классических идеализаций[73].

Сколько бы промежуточных звеньев ни включало взаимодействие квантовых систем, в последнем звене их измерения все равно необходимы классические объекты, применяемые в функции приборных устройств. Атомная структура таких объектов, по определению, не учитывается, и они описываются только в языке классической физики. Отсюда возникала принципиальная возможность абстрагироваться от атомной структуры пробных тел, рассматривая их как часть классического прибора[74].

Необходимость же такой абстракции следовала из самой логики построения квантовой электродинамики. Ее математический аппарат создавался таким образом, что вначале осуществлялось квантование свободных полей, а затем вводилось описание их взаимодействий в рамках теории возмущений.

Построение интерпретации должно было идти тем же путем. До тех пор пока не были обоснованы уравнения для свободных квантованных полей, не имело смысла интерпретировать более сложные случаи, относящиеся к взаимодействию таких полей. Но для свободных полей измерения должны быть прямыми (иначе, если вводить опосредующие взаимодействия между измеряемым полем и классическим прибором, поле, по определению, перестает быть свободным). Как уже отмечалось, соблюдение таких условий требует рассматривать пробное тело только как фрагмент классического прибора. Атомная структура пробных тел должна была приниматься во внимание только на следующем этапе интерпретации, при рассмотрении взаимодействующих квантованных полей.

Таким образом, было доказано, что при измерениях свободных полей не требуется учитывать квантовые свойства пробного заряда. В результате идеализация пробного заряда сколь угодно большой плотности оказывалась обоснованной двояким образом: как с точки зрения реальных возможностей эксперимента, так и с точки зрения теоретических предпосылок измерений квантованного поля.

Такого рода двоякое обоснование признаков пробного тела является одним из важных аспектов в процедурах Бора — Розенфельда.

Наделяя пробные тела различными идеальными свойствами, обеспечивающими решение проблем измеримости поля, Бор и Розенфельд не только доказывают, что такие свойства можно получить за счет идеализации реального опыта, но и проверяют затем, не разрешит ли новая идеализация тех фундаментальных условий измерения, которые продиктованы принципами теории.

Большая часть таких проверок не требовала сколько-нибудь сложных рассуждений и поэтому не воспроизводилась в изложении результатов исследования. Но случаи с признаком равномерного распределения заряда большой плотности свидетельствует о принципиальной необходимости и важности подобного рода обоснований. Последние гарантируют правильный синтез особенностей проверяемой теории с особенностями экспериментальной практики.

После описанной конкретизации признаков пробного тела мысленный эксперимент, призванный обеспечить проверку измеримости поля, казалось бы, достиг достаточной степени развития, чтобы считать решенной проблему локализации пробного тела в области измерения. Тем не менее Бор и Розенфельд осуществляют еще одно доказательство: они демонстрируют принципиальную осуществимость такого эксперимента в реальной практике. В этом плане чрезвычайно характерно, что после введения таких идеализированных допущений, как большая масса и большая плотность заряда пробного тела, Бор и Розенфельд сразу же разрабатывают конкретную схему опыта, включающую описание деталей приборной установки, которая могла бы обеспечить локализацию пробного тела в области измерения $V\tau$.

Предполагалось, что пробное тело может быть связано с жестким каркасом, представляющим пространственную систему отсчета. Это позволяет четко зафиксировать его положение до взаимодействия с полем за время измерения τ . В начальный момент этого промежутка τ связь с каркасом прерывается, и пробное тело испытывает отдачу под действием поля. Затем происходит измерение импульса в конце промежутка τ и связь с каркасом восстанавливается [75].

Здесь мы сталкиваемся с еще одной важной особенностью процедур идеализированного измерения, которая проливает свет на их гносеологическую природу и метод их построения.

Хорошо известно, что конкретное описание приборных устройств, с помощью которых изучаются в эксперименте соответствующие взаимодействия природы, обычно присуще только эмпирическим схемам. В теоретических же моделях оно либо элиминируется, либо (как это делается в квантовой теории) замещается абстрактной характеристикой типа прибора, коррелятивно к которому определяется вектор состояния квантовой системы.

Вводя описание конкретных деталей строения и функционирования измерительной установки при обсуждении проблемы локализации пробного тела в области измерения, Бор и Розенфельд тем самым прибегают к представлениям, характерным для эмпирических схем. Но за счет этого они получают гарантию, что мысленные эксперименты с классическими пробными телами по самой своей структуре соответствуют реальным особенностям физических экспериментов в новой области взаимодействий. А это именно то условие, которое обеспечивает конструктивное обоснование теоретических объектов.

Таким образом, уже анализ первого этапа доказательства измеримости отдельно взятой компоненты поля позволяет заключить, что в процессе проведения идеализированных измерений Бор и Розенфельд осуществляют многократное движение от самых общих теоретических принципов к конкретным особенностям физического эксперимента и измерения и затем, опираясь на эти особенности, вновь обращаются к решению теоретических проблем. В ходе этого познавательного движения происходит такая конкретизация измерительной процедуры, при которой гарантируется, что специфические особенности квантовых взаимодействий в релятивистской области оказываются учтенными в самом процессе идеализированного измерения.

Описанный способ анализа позволил Бору и Розенфельду успешно решить не только проблему локализации пробного тела, но и две другие ключевые проблемы

измеримости полей: передачи импульса пробного тела прибору-регистратору и учета возмущающего воздействия полей, излучаемых пробным телом.

Анализируя процесс регистрации импульса пробного тела, Бор и Розенфельд прежде всего показывают, что обращение к классическим пробным телам позволяет избежать трудностей, с которыми сталкивались Ландау и Пайерлс в мысленных экспериментах с точечными частицами. Для классических тел импульс может быть измерен с точностью, которая гарантирует определение усредненной компоненты поля, даже при очень малом промежутке измерения Δt (много меньшем, чем общее время измерения τ компоненты поля)[76].

Однако при этом возникают и такие трудности, которых не было в мысленных экспериментах с точечными частицами. Для протяженных пробных тел важным становится то, что взаимодействие передается с конечной скоростью, не превышающей скорости света. В силу этого отдельные части пробного тела могут передавать свой импульс прибору не одновременно, а с определенным запозданием. Если принять идеализирующее допущение, что пробное тело — абсолютно твердое, то минимальное время Δt , за которое все его части передадут импульс (допустим, посредством столкновения с некоторой мембраной прибора), не может быть

$\frac{L}{c}$
меньшим, чем $\frac{L}{c}$ (где L , — линейные размеры пробного тела).

Но, согласно условиям измерения ($L > c\tau$), даже общее время измерения τ , за которое происходит взаимодействие пробного тела с полем и регистрация его

$\frac{L}{c}$
импульса, должно быть меньше, чем $\frac{L}{c}$, что же касается промежутка Δt измерения импульса пробного тела, то он должен быть намного меньше, чем τ . Таким образом, возникает новый парадокс: чтобы измерить импульс пробного тела, нужно время, намного превышающее допустимые промежутки измерения усредненных напряженностей поля.

Решение этого парадокса Бор и Розенфельд нашли, применяя уже испытанный метод. Они пересмотрели и уточнили характеристики пробных тел и соответственно этому конкретизировали процедуру измерения.

Первое уточнение, позволяющее устранить возникшее противоречие, состояло в отказе от идеализации абсолютно твердого пробного тела. Вместо нее Бор и Розенфельд ввели представление о пробном теле как системе малых заряженных тел, которые при взаимодействии с полем и прибором-регистратором испытывают примерно одинаковую отдачу. Для выполнения последнего условия предполагалось, что суммарный заряд пробного тела равномерно распределен между составляющими его элементарными зарядами, а плотность заряда каждого из них также равномерно распределена по его объему[77].

Соответствие такой конструкции пробных тел возможностям экспериментальной практики было достаточно очевидно, если учесть, что в опытах электродинамики не раз применялись системы зарядов, перемещающиеся как единое целое под действием поля. Что же касается идеализации равномерного распределения зарядов большой плотности в каждом из элементов пробного тела, то она легко обосновывалась как эмпирическими, так и теоретическими предпосылками (в частности, уже доказанной возможностью пренебречь атомной структурой пробных тел). Описанная конструкция пробных тел уже позволяла передать полный импульс приборному устройству за время Δt , отведенное для регистрации импульса. Чтобы доказать реальную осуществимость этого процесса, Бор и Розенфельд рассматривают два возможных способа измерения импульса — путем соударения пробного тела с диафрагмой прибора-регистратора и на основе эффекта Доплера[78]. Соответственно каждому из этих способов вводится

эмпирическая схема возможного опыта, и тогда идеализированная процедура измерения компоненты поля обосновывается в качестве инвариантного содержания обоих типов реального эксперимента и измерения. Решив проблему измерения импульса пробного тела, Бор и Розенфельд переходят к завершающей стадии доказательства измеримости квантованных электромагнитных полей — учету излучений, порождаемых пробными телами в процессе измерения.

На этой стадии мысленный эксперимент, обеспечивающий измерение усредненной компоненты поля, достигает максимальной полноты разработки и обоснования как с точки зрения теоретических предпосылок, так и с точки зрения реальных возможностей физических опытов. С целью свести к минимуму излучения пробного тела, оказывающие обратное воздействие на его импульс, Бор и Розенфельд вносят новые коррективы в измерительную процедуру. Они предлагают устроить ее так, чтобы большую часть времени τ взаимодействия с полем пробное тело оставалось бы неподвижным. Для этого достаточно было соединить систему зарядов, образующих пробное тело, с другим набором зарядов, такой же плотности распределения, но противоположным по знаку. Тогда, испытав толчок со стороны поля в начале промежутка τ и сместившись за время Δt на некоторое расстояние D_* (много меньше линейных размеров L области измерения поля), пробное тело удерживалось бы в этом положении в течение большей части времени измерения действием компенсирующего заряда, который можно было скрепить с жестким каркасом пространственно-временной системы отсчета[79]. Само же такое смещение пробного тела представляло бы поляризацию зарядов нейтрального в целом распределения, складывающегося из системы зарядов пробного тела и наложенного на него набора компенсирующих зарядов противоположного знака. По величине данной поляризации можно было бы судить о напряженности поля в заданной области усреднения. Чтобы измерить данную величину, достаточно было либо определить величину смещения D_* , либо зарегистрировать импульс пробного тела в конце промежутка времени τ , когда поляризация снималась и пробное тело возвращалось под действием нейтрализующего заряда в начальное положение. Измерение импульса можно было произвести в течение очень короткого промежутка времени Δt [80].

В описанной схеме опыта сохранялись все ранее обоснованные признаки пробных тел и условия измерения. В частности, легко достигалась локализация пробного тела в области измерения (например, необходимые для этой цели расцепление и сцепление пробного тела с жестким каркасом системы отсчета совершались как бы автоматически — сначала под действием поля, смещающего пробный заряд, а затем под действием нейтрализующего заряда, который, будучи скрепленным с каркасом, притягивал пробное тело). Достаточно просто осуществлялась регистрация его импульса за время Δt (можно было производить это измерение, например, на основе эффекта Доплера, освещая пучком света пробное тело в моменты его отклонения и возвращения в исходное положение).

Вместе с тем в рамках описанного мысленного эксперимента достигалось минимальное излучение пробного тела в области измерения. Для определения измеряемой компоненты поля оставалось только учесть это излучение и найти метод его компенсации.

Среди полей, которые излучало пробное тело за промежуток времени τ и которые вносили возмущения в его импульс, главное относилось к смещению D_* , вызванному взаимодействием пробного тела с измеряемым полем. Бор и Розенфельд нашли очень простой способ компенсировать данное излучение. Для этого нужно подобрать механическую пружину, упругость которой соответствует по величине

той силе, с которой излучение, порожденное смещением D_x , будет оказывать на пробное тело обратное воздействие. Прикрепив пружину к пробному телу и соединив ее с жестким каркасом, можно построить такую измерительную установку, в конструкции которой уже учтены возмущающие воздействия излучений пробного тела, вызванные его смещением под действием измеряемого поля.

Понятно, что такого рода компенсацию можно было произвести только по отношению к классическим пробным телам (к точечной квантовой частице механические пружины прикрепить невозможно).

За счет подбора компенсирующих пружин можно было учесть и поля, возникающие вследствие отдачи пробного тела за время Δt его взаимодействия с прибором, регистрирующим импульс. Все эти поля вычислялись методами классической электродинамики, поскольку излучающее их пробное тело представляло собой классическое распределение зарядов.

Но при всем этом оставалось еще одно излучение, которое было связано уже с учетом квантовых характеристик измерения (соотношением неопределенностей между координатой и импульсом пробного тела). Это излучение было вызвано смещением пробного тела на величину Δx , которую необходимо было допустить как минимальную погрешность в определении положения пробного тела в связи с необходимостью как можно точнее измерить его импульс.

Было очевидно, что данное излучение не могло быть точно учтено в измерениях, поскольку Δx — неопределенная величина. Но тогда появлялась неустранимая неопределенность и в значении измеряемых компонент поля, которая перечеркивала все ранее произведенные доказательства.

Возникла ситуация, которую сами Бор и Розенфельд расценивали как один из наиболее критических моментов в физическом обосновании аппарата квантовой электродинамики[81]. Получалось, что до тех пор, пока излучения пробного тела рассматриваются в рамках классической электродинамики, их можно компенсировать. Но как только осуществляется переход в область квантовых процессов, где решающую роль начинали играть соотношения неопределенностей, появлялись неконтролируемые излучения пробного тела, мешающие точно измерить компоненту поля.

Если бы не удалось решить отмеченную проблему, то выводы Ландау и Пайерлса о неприменимости квантовомеханических методов к описанию полей оказались бы справедливыми.

Но решение было найдено, причем выглядело оно достаточно простым, хотя и неожиданным.

Бор и Розенфельд, оценивая максимально возможную величину тех возмущений, которые способно вносить излучение, связанное с Δx , в измеряемое поле, обнаружили, что по порядку величины данные возмущения как раз соответствуют флуктуациям поля в области измерения, возникающим вследствие рождения и уничтожения фотонов.

Процессы такого рождения и уничтожения являются главной и неотъемлемой характеристикой квантованных полей. Одной из замечательных особенностей этих процессов является то, что они представляют собой статистически независимые события (рождение фотона в одном из возможных состояний, суперпозиция которых образует поле излучения, не сказывается на вероятности рождения фотонов в других состояниях и не зависит от числа фотонов, заполняющих данные состояния). Поэтому в каждом из возможных состояний число фотонов, испущенных классическими источниками поля и попавших в области измерения V_T , должно колебаться вокруг некоторого среднего числа в соответствии с распределением Пуассона. Такие колебания будут вызывать небольшие изменения энергии в области измерения, а поскольку энергия коррелятивна напряженности, то

это как раз и будет означать появление флуктуаций в значении классических компонент напряженности поля.

Однако, если соблюдается условие измерения $L > c\tau$, то такие флуктуации не только не мешают точному измерению компоненты квантованного поля, но и являются предпосылкой указанных измерений.

В этом случае исследователь будет иметь дело со статистическим распределением фотонов по различным состояниям, характеризующим поле только в области V . Флуктуации, связанные со статистически независимым испусканием фотонов классическими источниками, должны, по определению, включаться в характеристику поля. Именно их существование в конечном счете обуславливает статистический характер предсказаний полевых величин в квантовой электродинамике (в отличие от классической теории здесь предсказывается вероятность выпадения в опыте некоторого значения величины, принадлежащей к спектру собственных значений соответствующего оператора). Такое включение флуктуаций в значения измеряемых напряженностей поля в области $V\tau$ позволяет получить некоторый набор значений, каждое из которых с определенной вероятностью должно ожидаться в опыте. Но это будет как раз тот набор, который совпадает со спектром собственных значений оператора напряженности поля.

В этом смысле флуктуации не мешают точному определению величин поля, измеряемых классическим прибором. Другое дело, что эти величины будут несколько отличаться от значений, предсказанных классической электродинамикой (напряженность поля, предсказываемая классической теорией, коррелятивна средней энергии всех фотонов, находящихся в области измерения, без учета флуктуаций вокруг среднего числа фотонов в каждом состоянии; учет же флуктуаций приводит к отклонению от значений величин, предсказываемых классической электродинамикой). Но это различие как раз является тем важным свойством, которое позволяет обнаружить в измерениях полевых величин квантовые характеристики поля.

Таким образом, включение в наблюдаемые величины поля флуктуаций в области $V\tau$ (при $L > c\tau$) не только сохраняет предсказуемость измерений, но и позволяет выявить в них те особенности поля, которые свойственны ему как квантовой системе с переменным числом частиц. С этих позиций легко решалась проблема излучения, связанного с неопределенностью Δx в положении пробного тела.

Поскольку возмущающие воздействия такого излучения не превышают флуктуаций, связанных с процессом рождения и уничтожения фотонов, постольку включение этих возмущающих воздействий в процесс измерения приводит к обнаружению в опыте как раз таких значений компоненты поля, математическое ожидание которых предсказывается теорией.

Возмущения, вызванные неопределенностью в положении пробного тела, могут привести лишь к тому, что в опыте будет обнаруживаться различие между значениями, вычисленными на базе квантовой теории поля, и значениями, вычисленными методами классической электродинамики. Но это будет как раз такое различие, которое обеспечивает предсказание измеряемых величин с учетом квантовых особенностей поля — рождения и уничтожения фотонов.

Таким путем была решена последняя проблема в доказательстве измеримости отдельно взятой компоненты поля. В результате главный признак предложенной Бором теоретической модели квантованного излучения приобрел конструктивный смысл.

Характерно, что на этом заключительном этапе доказательства идеализированная процедура измерения была доведена до такой степени конкретизации, что не оставалось сомнения ни в ее соответствии основным

принципам проверяемой теории, ни в том, что она аккумулирует существенные черты реально осуществимых экспериментов и измерений в квантово-релятивистской области. Но именно тогда и оказалось, что все существенные особенности исследуемого объекта (квантованного поля излучения) автоматически учитываются в рамках данной процедуры. Все воздействия, которые препятствовали точному определению усредненных напряженностей поля, устранялись или компенсировались в разработанном до деталей эксперименте с классическими пробными телами. Возмущения же, которые не поддавались контролю и компенсации, оказались необходимым условием для определения измеряемых величин поля с учетом квантовых эффектов.

Подчеркивая важность последнего обстоятельства, Л. Розенфельд отмечал, что невозможность до конца скомпенсировать или подавить возмущения, вносимые пробным телом, вовсе не является результатом несовершенства идеализированного измерительного устройства, применяемого в мысленных экспериментах с классическими пробными телами. Напротив, “эта невозможность является свойством, которым устройство непременно должно обладать, чтобы обеспечить проверку всех следствий теории при помощи измерений” [82]. “Тот факт, что флуктуации... накладываются на классическое распределение поля, следует непосредственно из теории, и мы видим, что возмущения, возникающие вследствие манипуляций с пробными телами, можно подавить лишь до такой степени, чтобы оставалось еще место для проверки этого теоретического предсказания” [83].

Доказательство принципиальной измеримости компонент поля, усредненных по некоторой пространственно-временной области, явилось ключевым моментом в конструктивном обосновании предложенной Бором теоретической схемы квантованного поля излучения. Был устранен главный довод Ландау и Пайерлса, направленный против применения квантовых методов при описании электромагнитных полей.

Но для полного обоснования квантовой теории электромагнитного поля излучения нужно было проверить еще и то, как осуществляется связь между напряженностями поля в двух различных пространственно-временных областях, сообщающихся световыми сигналами. Такая связь характеризует распространение поля в пространстве с течением времени, поэтому анализ корреляций между парами усредненных компонент поля, взятых в различных пространственно-временных областях, был необходим для исследования динамических характеристик электромагнитного поля в квантовой области.

Как мы уже подчеркивали, теоретическая схема постулировала невозможность совместного измерения пар одноименных компонент (например, $\overline{E_x^I}$ и $\overline{E_x^H}$ усредненных по пространственно-временным областям $V_1\tau_1$ и $V_2\tau_2$) с точностью, превышающей по порядку величины постоянную Планка.

Бор и Розенфельд, производя мысленные эксперименты с классическими пробными телами, доказали справедливость данного утверждения. Затем было доказано, что признаки совместной измеримости двух разнотипных компонент (например, $\overline{E_x^H}$ и $\overline{H_x^H}$ или $\overline{E_x^I}$ и $\overline{H_y^I}$), выводимые из мысленных экспериментов с классическими пробными телами, также совпадают с теми признаками, которые постулировала теоретическая схема квантованного поля излучения.

Таким образом, основные абстрактные объекты указанной теоретической схемы (наблюдаемые поля, усредненные по конечной пространственно-временной области) оказались введенными как идеализации, опирающиеся на реальные особенности физического эксперимента. Теоретическая схема квантованного поля излучения в результате всех этих процедур приобрела конструктивный смысл.

Характерным моментом в заключительной стадии обоснования предложенной Бором теоретической схемы была новая разработка деталей мысленного эксперимента по измерению напряженностей поля. Она потребовалась, в частности, в связи с тем, что при проверке измеримости пар одноименных компонент поля соотношение неопределенности для этих компонент, выводимое из измерительной процедуры, первоначально не совпадало с аналогичным соотношением, получаемым из математического формализма теории. Однако, учитывая, что между областями, в которых измеряется поле, осуществляется обмен световыми сигналами, в принципе можно было внести в процедуру измерения коррективы, связанные с применением таких сигналов в качестве “посланий”, которые автоматически передаются пробными телами и несут сведения об их взаимном расположении. Уточнение мысленного эксперимента под этим углом зрения привело к совпадению предсказаний проверяемого формализма теории с результатами идеализированных измерений[84].

Позднее относительно этого этапа интерпретации аппарата квантовой электродинамики Л. Розенфельд писал: “Нас очень поражало, что наибольшая точность, совместимая с перестановочными соотношениями, достигается лишь при использовании до последних пределов всех возможностей контроля за ходом процесса измерения, заложенных в физической ситуации”[85].

С этих позиций мы можем еще раз оценить эвристические функции метода, которым пользовались Бор и Розенфельд при обосновании введенной ими теоретической схемы квантованного электромагнитного поля.

Последовательно продвигаясь от самых общих контуров мысленного эксперимента, продиктованных математическим аппаратом и гипотетической моделью его интерпретации, к эмпирическим схемам возможного опыта, Бор и Розенфельд добивались того, что идеализированные измерения поля постепенно аккумулировали в себе существенные черты реальной экспериментально-измерительной деятельности. В рамках таких измерений прослеживался процесс взаимодействия приборных устройств (включающих пробные тела) с измеряемым полем и выявлялись его характеристики. Последние сравнивались с теми характеристиками, которые постулировала предварительно принятая теоретическая схема. Совпадение признаков поля, полученных двумя отмеченными способами, доказывало, что данная схема представляет собой адекватное отображение квантовых особенностей электромагнитного излучения.

Таким путем решалась главная задача теоретического поиска на этапе интерпретации математического формализма теории — признаки абстрактных объектов теоретической схемы получали эмпирическое обоснование.

Нам хотелось бы обратить внимание на одну важную особенность описываемого метода исследования, а именно на то, что его применение уже не требует, чтобы реальные эксперименты, обеспечивающие проверку конструктивного смысла теоретической схемы, были обязательно осуществлены актуально. Достаточно, чтобы они были принципиально возможны и реализуемы. В последнем же исследователь убеждается, доводя анализ измеримости теоретических величин до разработки конкретных эмпирических схем реального эксперимента, когда возможность реализации того или иного типа приборной установки и ее взаимодействия с измеряемым объектом становится очевидной хотя бы потому, что в предшествующей практике можно обнаружить подобные приборные устройства и способы их функционирования.

Так, разработанная Бором и Розенфельдом процедура измерения компоненты поля не оставляла сомнения в принципиальной осуществимости соответствующего опыта, поскольку в предшествующих экспериментах физики многократно применялись аналогичные измерительные устройства и способы измерения (не

имело смысла особо доказывать, что в измерительной установке может присутствовать, кроме пробного заряда, еще и тело, несущее компенсирующий заряд; что поле будет вызывать поляризацию этого, в целом нейтрального, распределения зарядов; что можно установить жесткую связь между каркасом системы отсчета и компенсирующим зарядом и т. д., — аналогичные приборные устройства и способы их функционирования легко можно было обнаружить в предшествующей практике).

Если учесть, что при создании теории методом математической гипотезы слой реальных экспериментов, в которых обнаруживается специфика новых взаимодействий, может быть развит недостаточно (иногда такие эксперименты вообще могут отсутствовать), то отмеченный ход исследований является, пожалуй, единственно возможным способом обоснования теории на современной стадии эволюции физики. Пользуясь им, исследователь как бы сокращает путь развития теории, не дожидаясь, пока будет создан достаточно обширный набор частных теоретических схем и законов, обоснованных реальными экспериментами. Он воссоздает в мышлении эмпирические схемы принципиально осуществимых экспериментов, доводя анализ до таких оснований, когда возможность реализовать тот или иной тип опыта становится самоочевидной. Последнее означает лишь то, что некоторый тип приборного устройства и принцип его взаимодействия с исследуемым объектом уже реализовывался в предшествующей практике, а поэтому еще одно повторение уже осуществленной деятельности становится излишним.

Необходимость развивать и уточнять процедуры идеализированного измерения до тех пор, пока в них не будут сосредоточены существенные особенности реальных экспериментов, обеспечивающих изучение соответствующего объекта, Н. Бор часто выражает в форме требования принципиальной контролируемости взаимодействий объекта и прибора.

Рациональное зерно в этом требовании сводилось к тому, что всякое реальное измерение действительно предполагает особый подбор условий, при которых устранялись бы (или учитывались) возмущающие внешние воздействия, искажающие реальные значения измеряемой величины. Возможность элиминировать такие воздействия, либо учесть их посредством введения соответствующих поправок означает, что познающий субъект контролирует условия измерения.

Поскольку мысленные эксперименты и измерения должны быть идеализацией реальной экспериментально-измерительной деятельности, постольку в них исследователь также должен исчерпывающим образом выявить условия измерения, поддающиеся контролю. С этих позиций он обязан тщательно проверять, опираясь на уже известные теоретические законы, последствия каждой новой детали в мысленной схеме приборного устройства и одновременно соотносить данную схему с реальными возможностями опыта. В процессе построения идеализированных процедур измерения исследователь шаг за шагом обнаруживает те мысленно фиксируемые взаимодействия объекта с приборами, которые могут приводить к неопределенностям в значении величин, характеризующих объект. Выявив такие взаимодействия, он проверяет, не относятся ли они к тем возмущающим влияниям приборной установки, которые могут быть устранены за счет ее нового уточнения и применения компенсирующих устройств.

Исчерпывая возможности контроля за условиями измерения, исследователь за счет этого как раз и обеспечивает максимальное соответствие идеализированных измерений возможностям реальной экспериментально-измерительной деятельности. Если при этом

сохраняются неопределенности величин, призванные характеризовать объект, то такие неопределенности следует отнести уже к существенным характеристикам самого объекта.

В этом смысле все, что принципиально не поддается контролю в рамках идеализированных измерений, обоснованных в качестве схемы реального опыта, должно быть включено в особенности измеряемого объекта, и это будут его объективные признаки, поскольку сама процедура измерения оказывается построенной таким образом, что она выявляет объективные характеристики исследуемой реальности. Отсюда, конечно, нельзя сделать вывод, что квантовые характеристики возникают в результате неконтролируемого взаимодействия прибора и измеряемого микрообъекта. Реальная структура познавательной деятельности Бора и его метод построения идеализированных измерений не были связаны с идеей неконтролируемости в вышеупомянутом смысле. В их основе лежал прямо противоположный подход, согласно которому идеализированные измерения, построенные в соответствии с реальными особенностями квантовомеханических и квантово-релятивистских экспериментов, должны выявлять объективные характеристики процессов в атомной области.

Требования контроля за условиями взаимодействия измеряемого объекта и прибора у Бора были идентичны требованиям построить идеализированные измерения максимально сближая их с реальными особенностями физического эксперимента. Тогда характеристики квантового объекта, которые могли быть выявлены в рамках реальной экспериментальной практики, непременно должны были найти выражение в результатах идеализированных измерений.

Промежуточные интерпретации аппарата современной физической теории как условие ее развития

Конструктивное обоснование теоретической схемы квантованного поля излучения автоматически обеспечивало эмпирическую интерпретацию формализма теории. Процедуры Бора — Розенфельда позволили соотнести напряженности поля, фигурирующие в уравнениях квантовой электродинамики, с опытом, указав рецептуру такой связи. Эта рецептура могла быть зафиксирована посредством описания мысленных экспериментов Бора — Розенфельда. Само же описание такого рода образывало систему операциональных определений для соответствующих физических величин.

В этом смысле процесс построения идеализированных измерений в квантовой электродинамике может быть принят за своеобразный эталон деятельности, обеспечивающей введение операциональных определений на современной стадии развития физических теорий. Но процедуры Бора — Розенфельда не только сформировали эмпирическую интерпретацию уравнений квантованного электромагнитного поля. Они открыли новые аспекты в характеристике этого поля, потребовав внести соответствующие коррективы и в семантическую интерпретацию формализма теории.

Понятие поля оказалось применимым только по отношению к конечным пространственно-временным областям и неприменимым к точке. Тем самым было разрушено представление о квантованном поле как передаче электрических и магнитных сил от точки к точке. Такое представление, допустимое в рамках классической электродинамики, оказалось непригодным в квантовой области.

Выяснилось далее, что вследствие флуктуаций поля, вызванных рождением и уничтожением фотонов, связь между полем и порождающими его источниками носит более сложный характер, чем это представлялось в классической теории. Последняя связывает источники и поля жестко детерминированным образом. В квантовой же теории поля лапласовский детерминизм классической электродинамики заменяется более широкой формой статистической причинности.

Поля оказываются причинно связанными с источниками только с точки зрения статистической предсказуемости величин поля, измеряемых в опыте. Характерная для классической физики жестко детерминированная связь поля с источниками восстанавливается только тогда, когда поле в области измерения “набирается” из большого числа фотонов, которые в соответствии с распределением Пуассона колеблются вокруг некоторого среднего их числа в каждом из возможных состояний, образующих поле. Большая величина среднего числа фотонов дает возможность полностью пренебречь их флуктуациями и перейти к классическому описанию поля. Все эти характеристики поля были выявлены именно благодаря проведению процедур измеримости, поскольку как раз здесь был установлен физический смысл влияния на измеряемые величины поля флуктуаций, которые видоизменяли традиционное понимание детерминации поля излучения порождающими его источниками.

Наконец, в процессе идеализированных измерений была обоснована неразрывная связь между полем излучения и вакуумом. Это, пожалуй, наиболее важное следствие процедур Бора — Розенфельда.

На первый взгляд может показаться, что идея связи квантованного поля излучения и вакуума была порождена математическим аппаратом теории и не зависела от доказательства измеримости поля, поскольку само применение методов квантования к электромагнитному полю автоматически приводило к представлениям о бесконечной энергии поля в отсутствие фотонов.

Но все дело в том, что до обоснования измеримости поля было совершенно неясно, можно ли придать вакууму реальный физический смысл или же его следует принимать только как вспомогательный теоретический конструкт, не имеющий непосредственно такого смысла.

Парадоксы с бесконечностями склоняли физиков ко второму выводу. Они порождали мнение, что для непротиворечивой интерпретации квантовой электродинамики вообще следует как-то исключить “нулевое поле” из “тела” теории (такая задача выдвигалась, хотя и было неясно, как это сделать, не разрушая созданного аппарата). Следует вспомнить, далее, что Ландау и Пайерлс связали идею вакуума с парадоксами неизмеримости и в их анализе энергия вакуума уже фигурировала как одно из свидетельств принципиальной неприменимости квантовых методов к описанию электромагнитного поля. Продуктивная критика Бором выводов Ландау и Пайерлса снимала последнее возражение, но вопрос о физическом смысле вакуумных состояний по-прежнему оставался дискуссионным.

Прояснение проблемы было достигнуто только в ходе осуществления процедур Бора — Розенфельда, и было связано с обсуждением вопроса о роли в процессе измерения флуктуаций полевых компонент. Выше мы рассмотрели, как решался этот вопрос в аспекте влияния флуктуаций, связанных со статистическим колебанием числа фотонов в области измерения. Но существовал еще один аспект проблемы, который мы не привлекали к рассмотрению ради простоты изложения и на котором остановимся сейчас.

Кроме флуктуаций, связанных с наличием фотонов, имеется еще одна разновидность флуктуаций поля, предсказываемая аппаратом теории, — это нулевые флуктуации, возникающие при отсутствии фотонов и связанные с нулевым энергетическим уровнем поля. Из аппарата теории следовало, что эти флуктуации имеют конечное положительное значение (не путать с бесконечной энергией поля в нулевом состоянии!).

Обе отмеченные разновидности флуктуаций были тесно связаны между собой. При расчете величин флуктуаций, происходящих при наличии фотонов, нулевые флуктуации обязательно должны включаться в значение таких величин и без их учета невозможно вычислить математическое ожидание флуктуаций поля,

возникающих вследствие рождения фотонов некоторыми классическими источниками.

Как уже отмечалось, Бором и Розенфельдом было доказано, что флуктуации, связанные с рождением фотонов, должны быть включены в значения компонент поля. Они обнаруживаются благодаря отклонениям предсказываемых квантовой теорией значений полевых величин от тех же значений, вычисленных методами классической электродинамики.

Эмпирический смысл флуктуаций, связанных с рождением фотонов, вытекал из самой структуры идеализированных измерений поля, поскольку только с их учетом оказывалось возможным точно определить усредненную компоненту поля. Но тогда получали эмпирическое обоснование и флуктуации нулевого поля, потому что они были принципиально неотделимы от флуктуаций, связанных с наличием фотонов.

Коль скоро нулевые флуктуации были проявлением “нулевого поля”, последнее также приобретало реальный физический смысл. Получалось, что если убрать вакуум и вызванные им нулевые флуктуации, само понятие квантованного поля излучения физически становилось бессодержательным, поскольку усредненную компоненту поля нельзя было точно измерить [86].

В результате идеализированные процедуры Бора — Розенфельда приводили к выводу реальной взаимосвязи поля излучения и вакуума и невозможности получить описание квантованного поля излучения, не принимая во внимание вакуумных состояний.

В принципе новое видение электромагнитного поля, возникшее вследствие осуществления процедур измеримости, не является чем-то необычным и исключительным в развитии теоретических знаний. Напротив, здесь мы сталкиваемся с определенной закономерностью гносеологического характера, проявление которой мы уже не раз наблюдали в истории науки (в частности, при анализе истории классической электродинамики). Она состоит в том, что, осуществляя конструктивное введение абстрактных объектов предварительно принятой теоретической модели, исследователь как бы наполняет эту модель новым физическим содержанием за счет того, что схематизирует реальную экспериментально-измерительную деятельность, выявляющую характеристики исследуемой реальности.

Полученное содержание объективируется благодаря отображению теоретической модели на картину мира, и в результате возникает новое видение предмета исследования, которое фиксирует его существенные свойства и отношения. Последняя процедура завершает построение интерпретации соответствующих уравнений теории, которые предстают теперь в качестве описания новых существенных характеристик исследуемой физической реальности. На этой стадии в теории появляются новые физические представления и получает дальнейшее развитие ее понятийный аппарат. Благодаря этому уточняется и развивается предварительно принятая семантическая интерпретация уравнений. Таким образом, конструктивное обоснование теоретической схемы приводит к решающему развитию содержания научной теории, завершая начатый уже на стадии математической гипотезы процесс формирования ее концептуальной структуры. Процедуры Бора—Розенфельда могут служить характерным примером того, как разворачивается этот процесс на современном этапе эволюции теоретических знаний физики. После того как была доказана измеримость квантованного поля излучения, принципиальная возможность применять квантовомеханические методы при описании релятивистских процессов уже не вызывала сомнений (в противовес первоначальным выводам Ландау и Пайерлса).

Фундамент квантовой электродинамики — теория свободного квантованного электромагнитного поля — предстал теперь в качестве непротиворечивой и эмпирически обоснованной системы знания.

Оставалось только интерпретировать те фрагменты аппарата квантовой электродинамики, в которых описывалось взаимодействие квантованного поля излучения с квантованными источниками (электронно-позитронным полем).

Эта задача была решена Бором и Розенфельдом на втором этапе реализации их исследовательской программы. Она была связана с построением идеализированных измерений для источников (распределений заряда-тока), взаимодействующих с квантованным полем излучения[87].

Вначале была доказана измеримость классических источников, взаимодействующих с квантованным электромагнитным полем, а затем осуществлено доказательство измеримости источников поля с учетом рождения электронно-позитронных пар. Тем самым была завершена интерпретация математического аппарата квантовой электродинамики, описывающего свободные квантованные поля и их взаимодействия в первом приближении теории возмущений.

На этом этапе были не только построены правила соответствия, связывающие все физические величины уравнений квантовой электродинамики с опытом, но и раскрыты ранее неизвестные характеристики взаимодействий квантованных полей. В частности, процедуры идеализированного измерения позволили поставить вопрос о пространственно-временных границах, при выходе за которые полевой подход к описанию квантовых свойств заряда-тока теряет свою силу.

Из математического аппарата квантовой электродинамики следовало, что в отличие от флуктуаций электромагнитного поля флуктуации заряда и тока в пределах любой строго ограниченной пространственно-временной области должны быть бесконечными. Но анализ ситуации идеализированного измерения обнаружил новые особенности поля. Оказалось, что в областях, относящихся к оболочке конечной толщины, составленной из пробных тел (посредством которых измерялись источники поля), усредненные по этим областям, флуктуации становятся конечными. Если же бесконечно уменьшать толщину такой оболочки, то флуктуации начинают возрастать, стремясь в пределе к бесконечности. Когда они становятся по величине равными математическому ожиданию полевых величин, предсказываемых аппаратом теории, то это указывает на пределы применимости квантовой электродинамики[88].

Таким образом, конструктивное обоснование теоретической схемы взаимодействия квантованного поля излучения с квантованными источниками, обеспечив эмпирическую интерпретацию формализма квантовой электродинамики, ввело новые аспекты и в его семантическую интерпретацию.

Подводя некоторые итоги, мы можем еще раз оценить тот путь, который прошли Бор и Розенфельд при построении этой интерпретации.

Последовательно обосновывая с помощью идеализированных измерений признаки свободного квантованного электромагнитного поля, затем взаимодействий такого поля с классическими источниками и, наконец, его взаимодействий с квантовыми источниками. Бор и Розенфельд создавали в этом процессе все более богатую по содержанию теоретическую модель, учитывающую все новые аспекты электромагнитных взаимодействий в атомной области. Такой путь построения интерпретации воспроизводил на уровне содержательного анализа основные вехи исторического развития математического аппарата квантовой электродинамики.

При этом не была пропущена ни одна существенная промежуточная стадия его развития (логика построения интерпретации совпадала в основных чертах с логикой исторического развития математического аппарата теории).

С этих позиций интересно сравнить взаимодействия математического аппарата и теоретических моделей в современной и классической ситуациях построения научной теории.

Как показано выше, при создании классической электродинамики каждый шаг по пути к обобщающим уравнениям поля (уравнениям Максвелла) подкреплялся введением соответствующей теоретической модели, которая обосновывалась конструктивно уже на промежуточных этапах теоретического синтеза.

При формировании квантовой электродинамики стратегия теоретического поиска изменилась. Здесь математический аппарат достаточно продолжительное время строился без конструктивного обоснования теоретических моделей, имелись лишь гипотетические схемы, которые вводили предварительную семантическую интерпретацию уравнений. Что касается процедур их конструктивного обоснования, обеспечивающих эмпирическую интерпретацию создаваемого формализма, а затем и его окончательную семантическую интерпретацию, то они были проведены позднее и были отделены во времени от построения самого формализма. Тем не менее при осуществлении указанных процедур исследование в сжатом виде как бы заново прошло все основные этапы становления аппарата теории. Оно шаг за шагом перестраивает сложившиеся гипотетические модели и, осуществляя их конструктивное обоснование, вводит промежуточные интерпретации, соответствующие наиболее значительным вехам развития аппарата. Завершением этого пути было прояснение физического смысла обобщающей системы уравнений квантовой электродинамики.

Таким образом, метод математической гипотезы отнюдь не отменяет необходимости содержательно-физического анализа на промежуточных этапах формирования математического аппарата теории. Специфика современных исследований состоит не в том, что промежуточные интерпретации вообще становятся излишними, а в том, что деятельность, направленная на их построение, осуществляется как непрерывный переход от одной промежуточной интерпретации к другой в соответствии с логикой развертывания сложившегося аппарата, в которой сжато воспроизводится история его развития. Если построение классической теории происходило по схеме: уравнение₁ → промежуточная интерпретация₁, уравнение₂ → промежуточная интерпретация₂,..., обобщающая система уравнений → обобщающая интерпретация, то в современной физике построение теории осуществляется иным образом: вначале уравнение₁ → уравнение₂ → и т.д., а затем интерпретация₁ → интерпретация₂ → и т.д. (но не уравнение₁ → уравнение₂ → обобщающая система уравнений и сразу завершающая интерпретация!). Конечно, сама смена промежуточных интерпретаций в современной физике полностью не воспроизводит аналогичных процессов классического периода. Не следует представлять дело так, что речь идет только о замене дискретного перехода от одной промежуточной интерпретации к другой непрерывным переходом, изменяется само количество промежуточных звеньев. Оно как бы уплотняется в современной физике, благодаря чему процесс построения интерпретации и развития понятийного аппарата теории протекает в куммулятивной форме. Это обусловлено, по меньшей мере, двумя причинами.

Во-первых, как мы уже подчеркивали, процесс построения теоретических моделей воспроизводит историю развития математического формализма не полностью, а в сокращенном виде. Поиск адекватной интерпретации введенного формализма требует проверки только тех звеньев его исторического развития, которые завершились построением уравнений, вошедших в состав теории

(например, в процедурах Бора—Розенфельда по проверке измеримости квантованного поля излучения исследовался математический формализм, который был создан Гейзенбергом, Иорданом и Паули на базе первоначального варианта теории, предложенной Дираком; сам же этот вариант при интерпретации не принимался во внимание, поскольку он был снят в последующем, более совершенном математическом аппарате).

Во-вторых, сама математическая гипотеза сокращает число промежуточных звеньев на пути к обобщающим сравнениям теории (поскольку в качестве базисных зависимостей, подлежащих дальнейшему синтезу и обобщению, сразу вводятся уравнения достаточно большой степени общности). В свою очередь, это приводит и к сокращению числа промежуточных стадий на пути к построению завершающей интерпретации формализма теории.

На основании сказанного можно заключить, что по сравнению с классическими образцами в современном теоретическом исследовании происходит своеобразное уплотнение процедур конструктивного обоснования теоретических моделей и построения операциональных определений, связывающих формализм теории с опытом. Поэтому можно утверждать, что на современной стадии эволюции физики некоторые черты процесса теоретического синтеза, свойственные только классическому периоду, воспроизводятся, но в сжатом и свернутом виде.

В принципе так и должно быть, если учитывать диалектический характер развития, поскольку в саморазвивающихся системах (к которым принадлежит и научное познание) высшие стадии эволюции всегда повторяют в своем функционировании некоторые черты исторически предшествующих форм. Важно иметь в виду, что такие черты могут воспроизводиться как в достаточно трансформированном, так и в относительно чистом виде. Последний момент позволяет обнаружить новые аспекты взаимодействия математического аппарата и интерпретации в развитии современной теории. Оказывается, на некоторых фазах этого развития можно наблюдать как бы возврат к классической схеме теоретического синтеза, согласно которой продвижение в математическом формализме не должно осуществляться до тех пор, пока не будет создана его исчерпывающая интерпретация.

Такой возврат, однако, не тождествен абсолютному повторению классических приемов. Он осуществляется на новой основе и предполагает применение современных методов теоретического поиска.

Перерыв в математических экстраполяциях обычно происходит тогда, когда с их помощью построен уже достаточно богатый формализм, способный служить базой для будущего аппарата теории. Но сама теория еще не завершена. Необходимость ее дальнейшего развития на этом этапе может быть достаточно очевидной хотя бы потому, что решается лишь часть необходимых задач (существуют задачи, которые теория также призвана решить, но которые оказываются неразрешимыми с помощью имеющихся средств).

Однако далеко не всегда ясно, как отыскать новые математические средства. Более того, возникают сомнения в самой возможности такого поиска на прежних основаниях, поскольку существование неразрешимых задач может свидетельствовать и о внутренних противоречиях в уже созданном формализме. Тогда наступает полоса содержательного анализа оснований теории, доказательств непротиворечивости созданного аппарата и построения его интерпретации.

Развитие математического формализма относительно независимо от его интерпретации (включая ее эмпирические аспекты) может осуществляться только до известных пределов, и в современной физике всегда возникают периоды, когда дальнейшее совершенствование математического аппарата создаваемой фундаментальной теории оказывается целиком зависящим от построения его

непротиворечивой интерпретации, которая дает новый импульс для последующего математического синтеза и завершения теории.

В этом отношении история квантовой электродинамики может служить исключительно ярким примером.

Между третьим и четвертым этапами формирования ее аппарата лежала полоса кризиса ее оснований, вызванного обнаружением парадоксов неизмеримости. Без преодоления этого кризиса, в условиях, когда были подвергнуты сомнению сами принципы квантования полей, дальнейшее обобщение и совершенствование формализма квантовой электродинамики было невозможно.

Выход из кризиса обеспечило построение Бором и Розенфельдом непротиворечивой интерпретации созданного аппарата, в котором описывались процессы взаимодействия квантованных электромагнитного и электронно-позитронного полей в первом приближении теории возмущений. Только после этого стало возможным второе рождение квантовой электродинамики в 50-х годах, связанное с построением теории перенормировок. Убеждение в принципиальной применимости методов квантовомеханического описания в релятивистской области (поколебленное в связи с кризисом и вновь восстановленное благодаря успешному решению проблемы измеримости квантованных полей) было необходимым условием для поиска теории взаимодействия квантованных полей с учетом высших порядков теории возмущений. Сама постановка такой задачи была корректной лишь постольку, поскольку благодаря процедурам Бора — Розенфельда предварительно была доказана непротиворечивость описания взаимодействий квантованных полей в первом приближении теории возмущений.

Но процедуры Бора — Розенфельда дали импульс для дальнейшего развития квантовой электродинамики не только в этом общетеоретическом аспекте. Они оказали и конкретное воздействие на последующую эволюцию теории, поскольку раскрыли такие новые характеристики электромагнитных взаимодействий, знание которых существенно облегчило выработку основной физической идеи перенормировок.

На это обстоятельство обычно мало обращают внимания, между тем оно чрезвычайно важно для понимания закономерностей эволюции теоретических знаний.

Основная идея перенормировок возникла, как известно, благодаря уяснению ограниченности идеализации свободной частицы применительно к области квантово-релятивистских процессов. Любая частица в строгом смысле не является свободной, поскольку взаимодействует с вакуумом, который соответствует наинизшим энергетическим состояниям квантованных полей. В результате этого взаимодействия происходит изменение заряда и массы частицы, и тогда наблюдаемые в опыте масса и заряд свободной частицы оказываются суммарным итогом этого взаимодействия. Например, если m_0 и e_0 — масса и заряд электрона, не взаимодействующего с вакуумом, то в опыте мы наблюдаем другую массу и заряд, которые равны: $m = m_0 + \Delta m$ и $e = e_0 + \Delta e$. Величины Δm и Δe выражают те изменения, которые вакуум вносит в заряд и массу электрона.

Казалось бы, можно вычислить наблюдаемые в опыте заряд и массу электрона путем определения поправок на взаимодействие с вакуумом Δm и Δe . Однако такие поправки оказывались бесконечными выражениями, имеющими вид расходящихся интегралов. Все это создавало огромные трудности в описании взаимодействия частиц, рассмотренных в качестве квантов поля, методами теории возмущений.

Перенормировки, позволившие устранить эти трудности, основывались на довольно простой физической идее. Величины m_0 , и e_0 , представляющие массу и заряд не взаимодействующего электрона (или “голого” электрона в современной физической

терминологии), равно как и поправки Δm и Δe , были рассмотрены в качестве вспомогательных теоретических конструктов, не имеющих непосредственного физического смысла, поскольку реальный электрон всегда испытывает взаимодействие с вакуумом и не существует вне таковых взаимодействий). Тогда масса и заряд свободного электрона были отождествлены с выражениями $m_0 + \Delta m$ и $e_0 + \Delta e$, которые и наблюдаются в опыте. Но поскольку эти величины имеют конечное значение, требовалось путем особого подбора расходящихся выражений для Δm и Δe получить конечные значения m и e . Метод такого подбора и составил суть метода перенормировок.

Тем самым в основе метода перенормировок лежало представление о наблюдаемых величинах, характеризующих частицы, которые рассматриваются в качестве квантов некоторого поля, как о проявлении суммарного итога взаимодействия этих частиц с вакуумом.

Но само представление такого рода утвердилось в физике именно благодаря процедурам идеализированного измерения.

Вспомним, что обоснование Бором и Розенфельдом измеримости квантованного электромагнитного поля привело к выводу, что в наблюдаемых величинах поля, характеризующих состояние с наличием частиц (фотонов), содержится и вклад вакуума. Дальнейший анализ распространил этот вывод и на величины, описывающие электронно-позитронные поля (в частности, на такие динамические переменные поля, как заряд и массу).

Вне процедур измеримости исходная идея о наблюдаемых, как содержащих вклад вакуума, выглядела не более, чем гипотезой. Но идеализированные измерения придали этой гипотезе статус обоснованного теоретического положения.

Поскольку работы Бора — Розенфельда, излагающие отмеченные выше результаты, были широко известны физикам-теоретикам к началу 40-х годов [89], утверждение, что они подготовили необходимую базу для развития идей перенормировок, выглядит достаточно естественным. Во всяком случае, следует иметь в виду, что подход к наблюдаемым, который послужил необходимым условием для выдвижения идеи перенормировок, был подготовлен процедурами Бора и Розенфельда [90].

Характерно, что этот этап сопровождался новым развитием математического аппарата квантовой электродинамики. В этом проявлялось обратное воздействие построенной Бором и Розенфельдом теоретической модели на поиск новых математических структур, характеризующих квантованные поля. Причем о таком воздействии можно говорить даже по отношению к достаточно поздним стадиям развития квантово-релятивистских идей. Исходя из этого, нам хотелось бы обратить внимание на следующее важное обстоятельство.

В аксиоматической квантовой теории поля математический аппарат с самого начала строится с учетом того, что физическим смыслом могут обладать не поля в точке, а величины полей, усредненные по некоторой конечной пространственно-временной области. Современная теория характеризует поле уже не операторными функциями (как это делалось в начальной стадии развития квантовой электродинамики), а операторными функционалами, в определение которых в явном виде входит операция усреднения по конечной пространственно-временной области. Такой аппарат позволяет более легко и компактно описывать квантовые процессы в релятивистской области. Он использует для этой цели математические структуры большей “информационной емкости”, нежели те, которые лежали в основе математического формализма квантовой электродинамики 30-40 х годов.

Очевидно, что физической основой для применения новых математических средств были как раз те особенности полей, которые раскрыли процедуры Бора — Розенфельда. Это означает, что процедуры интерпретации подготавливают новое

развитие аппарата теории, стимулируя поиск более совершенных математических структур.

Резюмируя вышесказанное, можно получить следующие гносеологические и методологические выводы.

1. В современной физике процесс построения теории приобретает еще большую автономию относительно новых экспериментальных данных, чем в классической физике. Математическая гипотеза позволяет продвигаться к фундаментальным уравнениям развитой теории даже тогда, когда подлежащие синтезу частные теоретические законы, опирающиеся на реальные эксперименты, представлены весьма в ограниченном диапазоне.

2. По-прежнему важную целенаправляющую роль в теоретическом исследовании играет картина физической реальности. Она создает базу для выбора принципов математического описания новой области физических процессов.

3. Математическая гипотеза способна обеспечить выработку достаточно развитого аппарата, но до известного предела, поскольку преобразование уравнений сопряжено с соответствующим преобразованием абстрактных объектов теоретических схем, и при достаточно продолжительной серии математических экстраполяций может приводить к накоплению в создаваемой теории неконструктивных объектов, наделенных взаимоисключающими признаками. Поэтому, чтобы обеспечить развитие непротиворечивой теоретической системы знаний, требуется интерпретация математического формализма на промежуточных стадиях построения теории.

Создание теории по-прежнему идет как попеременное скоррелированное движение в математических средствах и плоскости физического содержания. Но по сравнению с классическими образцами увеличивается относительно самостоятельный “пробег” на каждом из этих уровней, движение от уравнений к интерпретации и обратно осуществляется более крупными шагами.

4. Построение промежуточных интерпретаций в современной физике протекает в форме процедур идеализированного измерения, причем зачастую без наличия предварительно осуществленных реальных экспериментов. Тем не менее за счет последовательной разработки деталей мысленного эксперимента — вплоть до воспроизведения эмпирических схем возможного будущего опыта — сами идеализированные измерительные процедуры могут быть обоснованы как схематизация и идеализация реальной экспериментально-измерительной деятельности в новой области взаимодействий. Поэтому они способны выявить объективные характеристики таких взаимодействий.

5. В идеализированных измерениях не только проверяются те характеристики, которые гипотетически вводились исходя из особенностей аппарата теории, но и обнаруживаются новые, ранее неизвестные признаки изучаемых физических процессов. Благодаря этому математический аппарат наполняется новым физическим содержанием, а понятийная структура физической теории перестраивается и предстает как более глубокое и адекватное отражение исследуемой предметной области. В свою очередь, это создает основу для поиска новых, более совершенных средств ее математического описания.

6. Этапы развертывания идеализированных измерений, заканчивающиеся построением адекватной теоретической схемы новой области взаимодействий, воспроизводят основные стадии построения математического аппарата, как бы повторяя его историю, но в сокращенном виде. Вместе с тем идеализированные измерения современной физики сокращают путь построения теории и в том смысле, что они не требуют длительного формирования первичных теоретических моделей и

законов, опирающихся на реальный опыт. В самом процессе построения идеализированных измерений исследование в сжатом виде проходит стадию формирования таких моделей.

Таким образом, эволюция физики сохраняет на современном этапе некоторые основные операции построения теории, присущие ее прошлым формам (классической физике). Но она развивает эти операции, частично видоизменяя их, а частично повторяя на новой основе некоторые черты построения математического аппарата и теоретических моделей, свойственные классическим образцам.

В современном исследовании процесс теоретического поиска, характерный для классической физики, воспроизводится в трансформированном и свернутом виде, как и должно быть на высших стадиях эволюции по отношению к ее исторически пройденным этапам.

Взаимосвязь генезиса и функционирования теории.

Принцип конструктивности.

Сравнивая особенности развития теории в классической и неклассической науке можно выявить некоторые общие закономерности процесса их становления.

Анализ содержательных аспектов строения и генезиса научной теории показывает, что в формировании ее понятийного аппарата ключевая роль принадлежит процедурам построения теоретической схемы. Такое построение осуществляется как взаимодействие между научной картиной мира, математическим аппаратом, эмпирическим и теоретическим материалом, обобщаемым в теории. Оно предполагает вначале движение от картины мира к гипотетическому варианту теоретической схемы, а затем от нее — к эмпирическому материалу. Это — первый цикл процесса построения теории, связанный с выдвижением гипотезы. Но затем происходит обратное движение — от обобщаемого эмпирического и теоретического материала к теоретической схеме и вновь к картине мира. Это — второй цикл, связанный с обоснованием гипотезы. В ходе этого цикла первоначально введенные теоретические схемы перестраиваются, насыщаются новым содержанием и оказывают активное обратное воздействие на картину мира, подготавливая в ней новые изменения.

Благодаря выдвижению гипотезы намечаются только общие контуры концептуальной структуры теории, обоснование же гипотезы завершает, в основных чертах, формирование этой структуры.

Сам процесс выдвижения гипотезы обычно характеризуется в методологической литературе в терминах “контекста открытия”. Важно подчеркнуть, что движение от картины мира к аналоговой модели и от нее к гипотетической схеме исследуемой области взаимодействий составляет своеобразную рациональную канву этого процесса. Часто его описывают в терминах психологии открытия и творческой интуиции. Однако такое описание, если оно претендует на содержательность, непременно должно быть сопряжено с выяснением “механизмов” интуиции. Показательно, что на этих путях исследователи сразу же столкнулись с так называемым процессом гештальт-переключения, составляющим основу интеллектуальной интуиции [91].

Детальный анализ этого процесса показывает, что интеллектуальную интуицию существенно характеризует использование некоторых модельных представлений, сквозь призму которых рассматриваются новые ситуации. Модельные представления задают образ структуры (гештальт), который переносится на новую предметную область и по-новому организует ранее накопленные элементы знаний об этой области (понятия, идеализации и т.п.) [92].

Результатом этой работы творческого воображения и мышления является гипотеза, позволяющая решить поставленную задачу.

Дальнейшее рассмотрение механизмов интеллектуальной интуиции достаточно четко зафиксировало, что новое видение реальности, которое соответствует гештальт-переключению, формируется за счет подстановки в исходную модель-представление (гештальт) новых элементов — идеальных объектов, и это позволяет сконструировать новую модель, задающую новое видение исследуемых процессов[93].

Гештальт здесь является своего рода “литейной формой”, по которой “отливается модель”[94].

Такое описание процедур генерации гипотезы соответствует исследованиям по психологии открытия. Но процесс выдвижения научных гипотез можно описывать и в терминах логико-методологического анализа. Тогда выявляются его новые важные аспекты.

Во-первых, еще раз подчеркнем то обстоятельство, что сам поиск гипотезы не может быть сведен только к методу проб и ошибок. В формировании гипотезы существенную роль играют принятые исследователем основания (идеалы познания и картина мира), которые целенаправляют творческий поиск, генерируя исследовательские задачи и очерчивая область средств их решения.

Во-вторых, операции формирования гипотезы не могут быть перемещены целиком в сферу индивидуального творчества ученого. Эти операции становятся достоянием индивида постольку, поскольку его мышление и воображение формируется в контексте культуры, в которой транслируются образцы научных знаний и образцы деятельности по их производству. Поиск гипотезы, включающий выбор аналогий и подстановку в аналоговую модель новых абстрактных объектов, детерминирован не только исторически сложившимися средствами теоретического исследования. Он детерминирован также трансляцией в культуре некоторых образцов исследовательской деятельности (операций, процедур), обеспечивающих решение новых задач. Т.Кун справедливо отмечал, что такие образцы включаются в состав научных знаний и усваиваются в процессе обучения.

Трансляция теоретических знаний в культуре означает также трансляцию в культуре образцов деятельности по решению задач. В этих образцах запечатлены процедуры и операции генерирования новых гипотез (по схеме: картина мира — аналоговая модель — подстановка в модель новых абстрактных объектов). Поэтому при усвоении уже накопленных знаний (в процессе формирования ученого как специалиста) происходит усвоение и некоторых весьма общих схем мыслительной работы, обеспечивающих генерацию новых гипотез.

Трансляция в культуре схем мыслительной деятельности, обеспечивающих генерацию гипотез, позволяет рассмотреть процедуры такой генерации, абстрагируясь от личностных качеств и способностей того или иного исследователя. С этой точки зрения можно говорить о логике формирования гипотетических моделей как моменте логики формирования научной теории.

Наконец, в-третьих, резюмируя особенности процесса формирования гипотетических моделей науки, важно подчеркнуть, что в основе этого процесса лежит соединение абстрактных объектов, почерпнутых из одной области знания, со структурой (“сеткой отношений”), заимствованной в другой области знания. В новой системе отношений абстрактные объекты наделяются новыми признаками, и это приводит к появлению в гипотетической модели нового содержания, которое может соответствовать еще не исследованным связям и отношениям предметной области, для описания и объяснения которой предназначается выдвигаемая гипотеза.

Отмеченная особенность гипотезы универсальна. Она проявляется как на стадии формирования частных теоретических схем, так и при построении развитой теории.

Что же касается процедур обоснования гипотезы, то они также имеют достаточно сложную структуру и внутреннюю логику. Как следует из осуществленных выше реконструкций развития классической и квантовой электродинамики, эмпирическое обоснование гипотезы не сводится к сопоставлению ее следствий с результатами экспериментов и наблюдений. Оно включает процедуры конструктивного обоснования, которое выступает условием и предпосылкой сопоставления гипотетических моделей с опытными фактами. Только после этих процедур в теории возникают рецепты связей ее фундаментальных величин с опытом (операциональные определения), гарантирующие эффективность эмпирической проверки теории. Дальнейшее обоснование гипотетических моделей и превращение их в теоретическую схему связано с процедурами их соотнесения с дисциплинарной онтологией (научной картиной мира) и философскими основаниями науки. Завершение этих процедур обосновывает онтологический статус теоретических схем как ядра новой теории.

Процесс обоснования гипотезы вносит не меньший вклад в построение понятийного аппарата теории, чем процесс генерации гипотезы. В ходе обоснования происходит развитие содержания основных понятий теории. В свою очередь, это создает предпосылки для будущего теоретического поиска, поскольку каждая новая гипотеза предполагает применение уже сложившихся понятий и моделей в качестве материала для своего построения.

Если учесть эту особенность развития научных знаний, то видно, насколько несостоятельно резкое разделение позитивистами “контекста открытия” и “контекста оправдания” теории[95]. Логика открытия и логика оправдания являются двумя аспектами единого процесса становления теории, и между ними существует тесная взаимосвязь.

Исторический подход к проблеме структуры и генезиса теории требует учитывать не только взаимосвязи различных аспектов генезиса теории, но и связь между процессом становления и особенностями функционирования теории.

Антиисторизм позитивистского анализа научного знания проявился, в частности, в том, что теория рассматривалась только как готовое знание вне связи с особенностями ее становления. Результатом такого способа анализа было весьма бедное представление о процессе функционирования сложившейся теории. Позитивизм отметил только некоторые формально-логические аспекты дедуктивного развертывания теории и процесса теоретического объяснения и предсказания явлений. Содержательные аспекты теоретического исследования остались вне поля зрения позитивистской философии науки.

Интерес к этим аспектам теории возник в западной философии науки в связи с формированием постпозитивистских направлений, представители которых обратились к анализу истории науки. Изучая содержательные аспекты теоретического исследования, они натолкнулись на связь между функционированием теории и ее генезисом. Пожалуй, наиболее интересные результаты, выявляющие эту связь, содержались в куновской концепции “образцов” решения задач. Кун подметил, что оперирование образцами в процессе теоретического описания и объяснения конкретных явлений аналогично способу формирования нового знания в истории науки[96]. В этом месте своего анализа Кун вплотную подошел к вопросу воспроизведения в структуре и функционировании теории особенностей ее генезиса. Однако он не смог четко сформулировать эту проблему и определить логико-методологические подходы к ее решению. Ответ на вопрос, каким образом в теории создаются первые образцы решения задач, он пытался найти, апеллируя к психологии восприятия познающего субъекта

(исследователя, включенного в научное сообщество). Объективные же истоки и предпосылки формирования “образцов” выпали из сферы куновского анализа.

Поскольку проблема “образцов” может быть сформулирована как проблема способов редукции фундаментальной теоретической схемы к частным и перехода от основных уравнений теории к их следствиям, постольку ее решение имеет важнейшее значение для понимания закономерностей функционирования теории. Ключ к решению этой проблемы нужно искать в логике исторического развития научных знаний.

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. 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^[97]. 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 рассматривать теоретические модели, включаемые в состав теории, как отражение объекта в форме деятельности. Применительно к конкретному исследованию природы и генезиса теоретических моделей физики такой подход ориентирует на их 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.

Но 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 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

соответствия[98]. Но, как мы убедились, этот вывод весьма далек от реальных фактов истории науки.

Нам представляется, что проведенный выше анализ процедур построения теории позволяет получить ответ на вопрос, откуда появляются в теории эталонные ситуации (образцы решения теоретических задач), демонстрирующие приемы конструирования частных теоретических схем на базе фундаментальной и способы перехода от основных законов теории к частным теоретическим законам. Формирование и включение в состав теории такого рода эталонных ситуаций происходит в самом процессе ее становления.

При построении развитой теории ее фундаментальная теоретическая схема создается путем последовательного обобщения тех частных теоретических схем, которые предшествовали теории либо конструировались по ходу теоретического синтеза. Это обобщение осуществляется путем создания ряда промежуточных моделей, каждая из которых призвана представить в теории новые, ранее неучтенные характеристики изучаемых взаимодействий.

Исследователь вначале вводит каждую такую модель в качестве гипотезы, а затем конструктивно обосновывает ее. В процессе конструктивного обоснования модели он осуществляет два главных доказательства.

Первое из них устанавливает, что модель способна выразить существенные характеристики обобщаемых ситуаций. Такие характеристики ранее могли быть представлены в познании частными теоретическими схемами. Теперь, после конструктивного обоснования модели, содержание указанных схем оказывается включенным в обобщающую модель.

В ходе второго доказательства проверяется, не разрушилось ли при новом обобщении модели ее прежнее конструктивное содержание. Это содержание соответствовало частным теоретическим схемам, которые были ассимилированы обобщающей моделью на предшествующих стадиях теоретического синтеза. Чтобы убедиться в сохранении этого содержания, исследователь эксплицирует его. Он выводит из обобщающей модели соответствующие частные теоретические схемы, которые по своему содержанию эквивалентны теоретическим схемам, ассимилированным теорией.

Таким образом, в самом процессе построения теории исследователь осуществляет редукцию создаваемой фундаментальной теоретической схемы к частным теоретическим схемам. Методы такой редукции в главных чертах воспроизводят те приемы, посредством которых в обобщающую модель включались существенные характеристики отражаемых теорией конкретных физических ситуаций. Это включение производилось посредством мысленных экспериментов, опирающихся на реальные возможности и особенности опыта. В ходе указанных экспериментов исследовательская мысль двигалась от модели к опыту и от опыта к модели, проходя все основные опосредующие звенья между моделью и опытом. Эти же мысленные эксперименты в главных чертах повторяются при экспликации включенного в модель конструктивного содержания, когда модель редуцируется к той или иной частной теоретической схеме. Так же, как и в процессе обоснования модели новым опытом, исследователь вначале учитывает конкретные особенности физических ситуаций, а затем накладывает на модель ограничивающие условия и строит частную теоретическую схему.

Характерно, что на заключительной стадии теоретического синтеза, когда вводятся основные уравнения теории и завершается конструктивное обоснование фундаментальной теоретической схемы, производится последнее доказательство правомерности вводимых уравнений и их интерпретации: из основных уравнений получают в новой форме все обобщенные в них частные теоретические законы, а на основе фундаментальной теоретической схемы конструируют соответствующие

этим законам частные теоретические схемы. Типичным примером такого обоснования может служить заключительная стадия формирования максвелловской теории электромагнитного поля, когда было доказано, что на основе теоретической модели электромагнитного поля можно получить в качестве частного случая теоретические схемы электростатики постоянного тока, электромагнитной индукции и т. д., а из сравнений электромагнитного поля можно вывести законы Кулона, Ампера, Био—Савара, законы электростатической и электромагнитной индукции, открытые Фарадеем, и т. п.

Завершающее обоснование основных уравнений теории и фундаментальной теоретической схемы одновременно предстает как изложение “готовой” теории. Процесс ее становления воспроизводится теперь в обратном порядке в форме дедуктивного развертывания теории, вывода из основных уравнений соответствующих теоретических следствий. Каждый такой вывод может быть расценен как изложение некоторого способа и результата решения теоретической задачи.

Таким образом, в самом процессе построения теории формируются и включаются в ее состав эталонные ситуации решения теоретических задач.

Последующее функционирование теории и расширение области ее приложений создает новые образцы решения задач. Они включаются в состав теории, наряду с теми, которые были введены в начале ее формирования. 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 самые современные формулировки классической электродинамики демонстрируют приемы приложения уравнений Максвелла к конкретным физическим ситуациям на примере вывода из этих уравнений законов Кулона, Био—Савара, Ампера, 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.

Генезис теории запечатляется в ее организации и определяет ее дальнейшее функционирование. Если генезис теории определить как интенсивный путь развития знаний, а функционирование теории — как экстенсивный путь такого развития, то оба пути оказываются тесно связанными между собой. Воспроизведение в логике развертывания сложившейся теории основных особенностей ее становления представляет собой одну из сторон этой взаимосвязи. Но существует и другая сторона, которая заключается в активном воздействии процесса функционирования сложившейся теории на будущие формы интенсивного развития теоретических знаний.

После того как теория построена, она вступает в полосу объяснения и предсказания новых явлений. На этой стадии происходит расширение эмпирического базиса теории. Причем новый эмпирический материал не просто механически осваивается теорией, а оказывает на нее активное обратное воздействие. Теория начинает меняться в процессе своего приложения к новым ситуациям.

Одной из основных причин таких изменений являются трудности, которые возникают при решении новых задач старыми методами. Чтобы выработать методы, обеспечивающие решение широкого круга таких задач, приходится менять математические средства и развивать новые теоретические модели исследуемой реальности. В результате происходит переформулировка сложившейся теории: создается новый математический аппарат и происходит развитие ее понятийной структуры.

История науки дает множество свидетельств такого развития уже сложившейся теории. Так, ньютоновская механика вначале была переформулирована Эйлером на

основе применения аналитических методов, а затем перестроена в механику Лагранжа и механику Гамильтона — Якоби. Каждая такая перестройка была связана с приложением механики к новым физическим ситуациям и стремлением разработать общие методы, решения различных задач. Эйлер развивал аналитический аппарат механики для того, чтобы получить универсальные методы определения состояний материальной точки или системы таких точек под действием сил. Новые методы позволили ему разработать совершенно новый раздел механики — динамику твердого тела. Переформулировка механики Лагранжем, а затем Гамильтоном и Якоби была во многом стимулирована потребностями описания и объяснения сложных механических систем. Аналитические методы, основанные на принципе ускоряющих сил, не могли быть применены при решении целого ряда задач механики сложных систем, поскольку значение сил, действующих на каждое тело, входящее в сложную систему, как правило, заранее неизвестно. Механика Лагранжа, а затем и механика Гамильтона — Якоби позволяли с успехом решать такие задачи. В этом процессе развития механики складывались ее новые математические аппараты, вводились новые принципы (например, принцип наименьшего действия), формировались новые фундаментальные понятия (понятие действия, энергии и т. п.).

Аналогичные особенности развития уже сложившейся теории можно проследить и на других исторических примерах. Так, предсказание электромагнитных волн и дальнейшее применение теории Максвелла к объяснению оптических явлений привели к развитию понятийного аппарата электродинамики (появилось понятие электромагнитной волны, электромагнитного излучения и т. д.). Вместе с тем расширение сферы эмпирического приложения уравнений Максвелла потребовало совершенствование математической формы теории. В работах Г. Герца и О. Хевисайда уравнения Максвелла были выражены в форме, близкой к современной, а затем электродинамика была изложена с использованием современных методов векторного анализа.

Наконец, можно сослаться в качестве примера перестройки сложившейся теории на историческое развитие квантовой механики. После того как она была создана в первоначальном варианте (работы В. Гейзенберга, Э. Шредингера, Н. Бора и М. Борна), ее применение для объяснения и предсказания все расширяющегося круга процессов в атомной области сопровождалось развитием аппарата иконцептуальной структуры теории. В качестве этапов такого развития можно указать, например, на работы Дирака (строгая операторная формулировка теории в терминах q -чисел), работы фон Неймана (аксиоматическая модель квантовой теории), на фейнмановскую формулировку квантовой механики (интегралы по траектории).

Перестройка теории в процессе ее функционирования не только формирует новые методы решения задач, относящихся к компетенции данной теории, но и создает средства для построения новых фундаментальных теорий. Математические аппараты и понятийные структуры, которые развиваются в процессе приложения сложившейся теории к новым физическим ситуациям, могут оказаться как раз теми необходимыми средствами, применение которых в новой области теоретического поиска обеспечивает интенсивное развитие научных знаний.

Разработка электродинамики была бы невозможна, если бы в механике не сформировались математические аппараты, обеспечивающие решение гидродинамических задач. Развитие квантовой физики во многом было обязано математическим структурам и понятиям, которые сложились в механике Лагранжа и Гамильтона—Якоби. Количество таких примеров можно было бы умножить.

Таким образом, средства для будущего теоретического поиска и построения новых теорий создаются не только на этапе становления теории, но и, в еще большей степени, на этапе функционирования сложившейся теории. Эту сторону

взаимосвязи генезиса и функционирования теории выпустил в своем анализе Кун. В его концепции развития науки стадия экстенсивного роста знаний резко противопоставлена их интенсивному развитию. В реальной же истории научного познания обе эти стороны взаимосвязаны: генезис теории определяет ее функционирование, а функционирование сложившихся теорий подготавливает почву для становления новых теоретических структур.

Формирование концептуальной структуры новой теории является результатом взаимодействия математических аппаратов, теоретической схемы и опыта. Динамика этого взаимодействия во многом определена процедурами конструктивного обоснования теоретической схемы. Эти процедуры практически не анализировались в методологической и философской литературе[99]. Между тем их выявление открывает новые перспективы в плане получения конкретных методологических выводов и рекомендаций. Прежде всего, можно представить идею конструктивности в качестве методологического правила, которое указывает пути построения адекватной интерпретации математического аппарата 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. Одно из них уже обсуждалось. Оно касается связи между существованием неконструктивных объектов в “теле теории” и появлением в ней парадоксов. Поскольку наличие неконструктивных объектов может привести к парадоксам в теоретической системе (хотя и не в обязательном порядке), постольку применение правила конструктивности позволяет обнаруживать противоречия внутри знания до того, как они выявляются стихийным ходомсамого исследования. Это, в свою очередь, может быть средством эффективной перестройки теории и формирования концептуальной структуры, адекватно отображающей новый объект. 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.

Эталоном такого рода деятельности по анализу непротиворечивости знания путем конструктивного обоснования теоретических схем могут служить процедуры Бора — Розенфельда в квантовой электродинамике.

Обнаружение неконструктивных элементов в теоретической модели показывает слабые точки теории, которые рано или поздно необходимо исключить за счет замены соответствующих элементов теоретической модели ее конструктивной перестройки. На этом проблеме следует остановиться особо, поскольку требование элиминации неконструктивных объектов напоминает требование принципа

наблюдаемости. С этих позиций необходимо специально обсудить вопрос о соотношении идей конструктивности и наблюдаемости.

Как известно, принцип наблюдаемости предполагал, что при построении теории исследование должно применять только такие величины, которые имеют операциональный смысл, понятия же, не допускающие опытной проверки, должны быть элиминированы из теории.

Критический анализ идей принципиальной наблюдаемости довольно исчерпывающе дан в обширной философской и физической литературе. В ней показано, что принцип наблюдаемости, применяемый совместно с другими методами физики, играл довольно значительную эвристическую роль в ее развитии, но его использование проходило по-разному в различных исследовательских ситуациях. Жесткое требование исключить ненаблюдаемые величины из теории никогда не применялось в физике. Это требование, если его понять буквально, запрещает вообще использование ненаблюдаемых величин, без чего в принципе невозможно построить ни одной гипотезы, поскольку на стадии такого построения исследователь пользуется преимущественно ненаблюдаемыми объектами (наделяя объекты модели гипотетическими признаками, он, как правило, заранее не знает, какие из этих признаков могут быть оправданы опытом, а какие — нет). Кроме того, в уже сложившейся теории всегда могут существовать конструкты, которые играют вспомогательную роль (типа “голого электрона” в квантовой электродинамике) и важны для развертывания теоретического содержания, но которые являются принципиально ненаблюдаемыми.

Вместе с тем в ряде исследовательских ситуаций идеи наблюдаемости неожиданно оказывались весьма эвристическими. Так, например, в период построения квантовой механики исключение ненаблюдаемых электронных орбит служило мощным импульсом к развитию теории. Аналогичная ситуация сложилась в период формирования специальной теории относительности, когда элиминация ненаблюдаемого абсолютного пространства позволила развить новые представления о пространстве и времени.

Все это свидетельствует о наличии определенного рационального зерна в идеях наблюдаемости, но в то же время говорит о неадекватности самой формулировки принципа наблюдаемости, который не содержит конкретных указаний, *где* и *когда* он может быть применен в исследовании, *как* отличить наблюдаемые величины от ненаблюдаемых и *на каком этапе* построения теории следует элиминировать ненаблюдаемые объекты.

В результате регулятивная роль принципа наблюдаемости, по существу, сводилась к тривиальному призыву — строить основание теории на проверенных опытом величинах — и упованию на интуицию исследователя, который должен сам разобраться, какие величины ему считать наблюдаемыми в своей теории, а какие отбросить как принципиально ненаблюдаемые.

Неадекватность самой формулировки принципа наблюдаемости во многом была связана с его генетическими, теоретико-познавательными истоками. Одну из первых его формулировок дал Э. Мах, исходя из ложных установок своей философии, что теория отражает не объективный мир, а опыт и является не более чем сжатой сводкой наблюдаемых фактов. Впоследствии эту идею пытался возродить логический позитивизм в обличи метода логического анализа. Позитивизм требовал устранить из теории как метафизические все понятия, не проходящие через процедуру верификации (проверки, основанной на редукции понятий к данным наблюдения). Но теорию нельзя свести к сжатой сумме наблюдений, а понятия теории нельзя считать только фиксацией явлений, наблюдаемых в области, описываемой теорией (теория отображает не явления, а сущность процессов

реального мира, а понятия науки имеют смысл не только в пределах определенной теории, но и аккумулируют в себе всю предшествующую историю познания, раскрывающего шаг за шагом все новые характеристики объективного мира).

Позитивистская трактовка теории и вытекающие из нее “прямолинейные рецепты” устранения из науки всех ненаблюдаемых понятий приводили к тому, что ни одна научная теория не могла сохраниться, если ее подвергнуть “чистке” по рецептам методологии логического анализа.

Неудивительно, что неадекватность подобных установок реальным особенностям научного познания привела к глубокому кризису позитивистской философии науки.

В конечном счете оказалась отброшена и позитивистская трактовка принципа наблюдаемости. Но в то же время остро встала проблема правильного осмысления методов эмпирической проверки теории и выявления рационального зерна принципа наблюдаемости, искаженно истолкованного позитивизмом.

В этом процессе стало постепенно выкристаллизовываться понимание того обстоятельства, что сама чрезмерная жесткость принципа наблюдаемости обязана своим происхождением тому, что теория представляется в нем как результат чисто индуктивного обобщения наблюдаемых фактов. Понимание реальных способов построения теории приводило к стремлению дать менее жесткую формулировку принципа наблюдаемости. Была поставлена задача установить, на какой же стадии развития теории он может играть роль методологического регулятора.

Большую роль в правильной постановке этой задачи сыграло методологическое исследование проблемы наблюдаемости классиками современного естествознания А. Эйнштейном, М. Борном и др. В частности, особый интерес представляет произведенный в них анализ замечаний А. Эйнштейна, высказанных в 1926 г. по поводу понимания В. Гейзенбергом принципа наблюдаемости. Эйнштейн указывал, что само понимание наблюдаемости зависит от теории. Именно она определяет, что наблюдаемо, а что не наблюдаемо [100]. Под влиянием эйнштейновской критики в работах Гейзенберга 30-х годов появилось утверждение, что в теорию нужно ввести значительное количество новых понятий, а уже затем предоставить природе решать в каждом пункте, требуется их пересмотр или нет. По этому поводу М. Э. Омеляновский в свое время справедливо отмечал, что для конкретизации идей наблюдаемости нужно добавить, что введение новых понятий в теорию должно осуществляться на стадии *возникновения* теории, а проверка понятий должна проводиться на *новом* опыте [101].

Дальнейшее исследование принципа наблюдаемости требует анализа структуры теории, способов организации понятий внутри теории, выявления в ней главных и вспомогательных абстрактных объектов. Такой анализ и приводит к идеям конструктивного обоснования абстрактных объектов теории.

В свете сказанного можно сформулировать различие между требованиями конструктивности и принципом наблюдаемости.

1. “Наблюдаемость” предполагала индуктивное построение теории, идеи же конструктивности основаны на прямо противоположном представлении о генезисе теории (они учитывают с самого начала, что теоретические модели вводятся сверху по отношению к опыту как гипотезы и лишь затем обосновываются конструктивно).

2. Принцип наблюдаемости в лучшем случае только обозначает, что на этапе выдвижения гипотез можно пользоваться различными понятиями и лишь на этапе обоснования гипотезы проверять их эмпирический смысл. Требование конструктивности с самого начала четко различает эти два этапа, предполагая, что конструктивное введение абстрактных объектов в “тело” теории начинается только после того, как введена предварительная гипотетическая модель.

3. В принципе наблюдаемости нет дифференциация идеальных объектов теории, поэтому не ясно, какие из них следует считать наблюдаемыми, а какие — ненаблюдаемыми. Критерии такого различия переносятся в сферу интуиции исследователя. В требовании же конструктивности осуществляется попытка ввести такое различие (по крайней мере, в первом приближении). Предполагается, что конструктивно обоснованы, т. е. введены как идеализации, опирающиеся на новый опыт, должны быть абстрактные объекты теоретической модели, которая лежит в основании теории. Такая модель достаточно четко обозначена в любой теории (отсюда понятно справедливое замечание Эйнштейна, что сама конкретная структура конкретной теории указывает, что должно быть в ней наблюдаемо, а что — ненаблюдаемо). Учитывая, далее, что следует различать конкретную теоретическую схему (модель) и картину мира, можно разделить проблему на две части: конструктивное обоснование теоретической схемы и конструктивное обоснование картины мира. В последней могут содержаться и неконструктивные элементы (наглядные вспомогательные образы, позволяющие вписывать в культуру определенной эпохи созданные научные знания). Эти элементы элиминируются из картины мира лишь в процессе длительного исторического развития. В лучшем случае их можно фиксировать как ненаблюдаемые сущности, но сама “критика картин мира” происходит уже в преддверии их ломки. Что же касается абстрактных объектов конкретных теоретических схем, то они должны быть введены конструктивно в обязательном порядке.

4. Принцип наблюдаемости в своей жесткой формулировке требовал исключать из теории ненаблюдаемые объекты сразу же после их обнаружения. Согласно же идеям конструктивности процесс замены таких объектов может предполагать длительные поиски нового конструктивного смысла теоретической модели. Но само нахождение неконструктивного объекта уже позволяет развертывать исследование непротиворечивым образом. В этом случае процесс построения теоретических знаний может осуществляться не путем немедленной элиминации неконструктивного объекта из теоретической схемы, а путем его локализации и использования теоретической схемы в последующем познавательном движении так, чтобы она “работала” только своими конструктивными элементами. Типичным примером такого исследования может служить процесс развертывания знаний, опирающихся на предложенную Бором и развитую Зоммерфельдом модель атома. В этой модели сохранялась электронная орбита (неконструктивный элемент), но зная, что это “ненаблюдаемый” объект, Бор так построил систему постулатов, описывающих основные отношения между элементами модели, что в них “локализовывались” основные парадоксальные следствия применения электронных орбит (предполагалось, что электрон в стационарном состоянии не излучает).

Учитывая возможность подобного развития знаний, можно сделать вывод, что уже само нахождение неконструктивных элементов теоретических моделей обеспечивает прогрессивное развитие теории, даже если элиминация таких объектов будет произведена много позднее их обнаружения.

Таким образом, метод конструктивного обоснования теоретических схем, обозначая конкретную процедуру выявления неконструктивных объектов в “теле” теории, может облегчить решение многих исследовательских задач.

Примечания

[1] *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М., 1972. С. 329.

- [2] *Вавилов С.И.* О математической гипотезе // *Вавилов С.И.* Избр. соч. Т. 3. М., 1956. С. 156—157, 282—285; *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. С. 326—329; *Кузнецов И.В.* Избранные труды по методологии физики. С. 140—155.
- [3] *Вавилов С.И.* О математической гипотезе // *Вавилов С.И.* Избр. соч. Т. 3. С. 79—80.
- [4] Там же. С. 80.
- [5] *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 2. М., 1966. С. 23—25.
- [6] Более детально процесс становления теории относительности и формирования релятивистских представлений о пространстве и времени в физической картине мира будет проанализирован в главе VI “Научные революции”.
- [7] *Бор Н.* Избранные научные труды. Т. 2. М., 1971. С. 510.
- [8] *Бом Д.* Квантовая теория. М., 1961. С. 10.
- [9] *Сачков Ю.В.* Проблема стиля мышления в естествознании // *Философия и естествознание. К семидесятилетию акад. Б.М.Кедрова.* М., 1974. С. 71—72.
- [10] *Поваров Г.Н.* Το Daidalo ptero (К познанию научно-технического прогресса) // *Системные исследования. Ежегодник.* 1971. М., 1972.
- [11] *Аршинов В.И.* Концепция целостности и гипотеза скрытых параметров в квантовой механике // *Физика и философия.* Воронеж, 1974.; *Аршинов В.И.* Об иерархии // *Некоторые проблемы диалектики.* М., 1973.
- [12] *Степин В.С.* Становление научной теории. Минск, 1976. С. 290—300; *Степин В.С.* Структура теоретического знания и историко-научная реконструкция // *Методологические проблемы историко-научных исследований.* М., 1982. С. 169—172.
- [13] *Чу Дж.* Аналитическая теория S-матрицы. М., 1968; *Чу Дж., Гелл-Манн М, Розенфельд Л.* Сильно взаимодействующие частицы. М., 1965; *Chew G.F.* “Bootstrap”: A Scientific Idea? // *Science*, Vol. 161, 1968. P. 762—765.
- [14] *Stapp H.P.* S-matrix Interpretation of Quantum Theory // *Phys.Rev., D.*, 1971. Vol. 3. № 4. P. 1314—1319.
- [15] *Bohm D.* On Bohr’s Views Concerning the Quantum Theory // *Quantum and Beyond.* Cambr. 1971. P. 38.
- [16] См.: *Bohm D., Hiley B.* On the Institute Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory // *Quantum mechanics: A half century later.* Dordrecht—Boston. 1977. P. 207—209.
- [17] *Nordin I.* Determinism and Locality in quantum mechanics // *Synthese.* Dordrecht. 1979. Vol. 42. № 1. P. 72.
- [18] См: *Bohm D., Hiley B.* On the Institute Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory // *Quantum mechanics: A half century later.* 1977. P. 207—225; *Philippidis C., Dewdney C., Hiley B.* Quantum Interference and the Quantum Potential // *Nuovo Cimento.* Bologna. 1979. Vol. 52. № 1. P. 15—28.
- [19] О различии этих двух стратегий см.: *Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969. С. 49.
- [20] *Капра Ф.* Дао физики. Исследование параллелей между современной физикой и мистицизмом Востока. СПб., 1994. С. 298.
- [21] Там же.
- [22] Там же. С. 174.
- [23] *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М., 1986. С. 357.
- [24] *George C., Prigogine I.* Coherence and Randomness in Quantum Theory // *Physica.* Amst., 1979. Vol. A99, № 3, P. 380.
- [25] *Пригожин И., Стенерс И.* Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. М., 1994. С. 214.

- [26] Там же. С. 215.
- [27] Курдюмов С.П. Собственные функции горения нелинейной среды и конструктивные законы построения ее организации // Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. М., 1982. С. 235—236.
- [28] Коноплева Н.П., Соколик Г.А. Симметрии и типы физических теорий // Вопросы философии. 1972. № 1. С. 119; Визгин В.П. Эрлангенская программа и физика. М., 1975. С. 95—96.
- [29] Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. С. 329—337.
- [30] Это означает, что частица способна двигаться с любой скоростью в диапазоне от нуля до скорости света (или, что одно и то же, энергия ее движения не обязательно мала по сравнению с энергией покоя).
- [31] См.: Паули В. Труды по квантовой теории. М., 1977. С. 180—181.
- [32] Там же. С. 181.
- [33] Напомним, что, согласно принципу Паули, в каждом энергетическом состоянии не может находиться более одного электрона. Обменные эффекты в соответствии с принципом тождественности в такой системе ненаблюдаемы.
- [34] См.: Ван дер Варден. Принцип запрета и спин // Теоретическая физика XX века. М., 1962. С. 282.
- [35] Паули В. Принцип запрета и квантовая механика (Нобелевская лекция, прочитанная 13 декабря 1946 г. в Стокгольме) // Теоретическая физика XX века. М., 1962. С. 373.
- [36] Цит. по: Вавилов С.И. О математической гипотезе // С.И.Вавилов. Избр. соч. Т. 3. М., 1956. С. 80.
- [37] Кузнецов И.В. Избранные труды по методологии физики. М., 1975. С. 154—153.
- [38] Здесь, имеется в виду создание развитой теории в первом ее варианте (например, механика Ньютона, электродинамика Максвелла), а не предшествующие ей знания об отдельных аспектах изучаемой в теории предметной области, а также не разработка и совершенствование оснований уже построенной теории (такая, как переформулировка ньютоновской механики Лагранжем и затем Гамильтоном).
- [39] Нильс Бор и развитие физики / Под, ред. В. Паули. М., 1958. С. 97—98.
- [40] Там же. С. 98.
- [41] Идея квантовых свойств излучения была исторически первым фактом, послужившим основанием для разработки квантовой механики. Но квантовая механика для электромагнитного излучения (теория свободного квантованного электромагнитного поля) была создана позже квантовой механики атома и атомных частиц (электронов, ядер и т. д.). Это объясняется тем, что атомные частицы имеют отличную от нуля массу покоя, и поэтому для них существует область энергии, в которой можно не учитывать эффекты теории относительности. Что же касается фотона, то его масса покоя равна нулю и для него не существует нерелятивистской области. Поэтому представление об электромагнитном поле как о системе фотонов могло получить теоретическое выражение в форме соответствующего аппарата только после создания квантовой теории для нерелятивистских частиц. (См.: Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б. Квантовая электродинамика. М., 1959. С. 131.)
- [42] Логику построения математического аппарата квантованного поля излучения можно проследить и в ее “исторической реализации”. Создание этого аппарата было начато П. Дираком, а затем продолжено Л.Иорданом, В.Паули и В.Гейзенбергом. В 1926—1927 гг. Дирак предложил первый вариант квантовой теории электромагнитного излучения, в котором уже содержался принятый в современной физике метод квантования свободного поля. Основой для перехода к квантовой теории послужил особый способ классического описания поля.

Классическое поле излучения было рассмотрено как набор плоских поперечных волн, заключенный в большой, но конечный объем пространства. Соответственно этому классические уравнения поля выражались через преобразование Фурье и затем записывались в форме, аналогичной каноническим уравнениям механики (уравнениям Гамильтона). Выражение для энергии (функции Гамильтона) каждой из волн, суперпозиция которых представляет поле излучения, совпадало с функцией Гамильтона для осциллятора, что позволяло сопоставить набору волн соответствующий набор осцилляторов. Такой прием описания электромагнитного поля был известен еще в классической физике. Используя его и применяя затем правило квантования для осциллятора, Дирак произвел квантование поля излучения. Фурье — компоненты поля, предварительно представленные в качестве канонических переменных (обобщенных координат и импульсов), были рассмотрены как операторы, подчиняющиеся перестановочным соотношениям. Действие этих операторов на волновую функцию поля характеризовало процессы возникновения и уничтожения фотонов в различных квантовых состояниях. Формально это выражалось следующим образом. Волновая функция (вектор состояния) поля определялась как функция в пространстве чисел заполнения, т.е. частиц-фотонов, находящихся в различных квантовых состояниях. Действуя на нее, операторы, соответствующие фурье-компонентам поля, либо увеличивают, либо уменьшают на единицу числа заполнения, что означает либо рождение, либо уничтожение фотона в данном квантовом состоянии (соответственно этому указанные операторы именуют операторами рождения и уничтожения).

Этот аппарат, в основных чертах разработанный Дираком, позволил объяснить многие факты взаимодействия электромагнитного излучения с веществом (в частности, из него в качестве следствий были получены известные правила, описывающие испускание и поглощение света атомом).

Теория электромагнитного излучения Дирака была усовершенствована Иорданом, Паули и Гейзенбергом, которые построили аппарат теории в форме, удовлетворяющей преобразованиям Лоренца. Здесь следует отметить, что Дирак, развивая в упомянутой выше работе перспективный метод квантования поля, тем не менее не смог первоначально создать релятивистски ковариантных уравнений. Иордан и Паули впервые устранили этот недостаток, найдя лоренц-инвариантную запись соотношений коммутации для операторов поля (см.: *Jordan P., Pauli W. Zur Quantenelektrodynamik landungsfreier Felder // Zschr. f. Ph. 47. 1928*). В рамках нового формализма стало возможным на основе исходных операторов рождения и уничтожения строить другие операторы, соответствующие различным величинам поля, соблюдая при этом требования релятивистской инвариантности теории.

[43] При создании математического аппарата квантованного электронно-позитронного поля уравнения Дирака сыграли примерно ту же роль, что и уравнения Максвелла при создании аппарата квантованного электромагнитного поля излучения. Волновые функции для электрона и позитрона в уравнениях Дирака были представлены в качестве величин, характеризующих электронно-позитронное поле, и затем рассмотрены как операторы, удовлетворяющие антикоммутационным перестановочным соотношениям (этот прием, основанный на представлении волновых функций в качестве операторов, получил название метода вторичного квантования).

[44] Для нахождения вероятностей квантовых эффектов, которые характеризуют рассеяние частиц, образующих электромагнитное и электронно-позитронное поле, строится так называемая матрица рассеяния, или S-матрица. Квадраты модулей элементов этой матрицы характеризуют вероятности перехода описываемой системы из некоторого начального в некоторое конечное состояние. Для нахождения S-матрицы решают связанную систему операторных уравнений,

которые описывают взаимодействующие квантованные поля. Точное решение этой системы неизвестно, но приближенное решение удастся найти с помощью теории возмущений. В рамках этой теории взаимодействие рассматривается как возмущение состояния одного свободного поля другим в некоторой области взаимодействия. Это представление соответствует рассмотрению частиц, которые взаимодействуют только в процессе столкновения, а до и после столкновения двигаются независимо друг от друга. Состояния невозмущенной системы (в данном случае невзаимодействующих фотонов и электронов) выступают как некоторая базисная совокупность квантовых состояний. Возмущение (взаимодействие полей) приводит к квантовым переходам между этими состояниями (к изменению числа частиц, их энергий, импульсов и т. д.). В теории возмущений матрица рассеяния выражается через операторы свободных квантованных полей и вычисляется в виде ряда по постоянной взаимодействия, которая в случае электромагнитных взаимодействий имеет вид безразмерной величины $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$, где α — постоянная электромагнитного взаимодействия (иначе называемая постоянной тонкой структуры), e — заряд электрона, \hbar — постоянная Планка, c — скорость света.

[45] Фейнман Р. Характер физических законов. М., 1968. С. 180.

[46] Принцип соответствия имеет два аспекта. Первый может быть охарактеризован как общеметодологический. В этом аспекте принцип соответствия выступает как специфическая форма связи старых и новых теорий (см.: Кузнецов И.В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М.-Л., 1948). Второй аспект принципа соответствия фиксирует особенности квантовомеханического описания: теория квантовых объектов не может быть построена без привлечения языка классической механики. Этот аспект хотя и связан с первым, но не сводится к нему. Он выражает особую природу квантовых объектов, состоящую в том, что само их физическое бытие, характеризуемое некоторыми физическими величинами, определено макроусловиями, способом взаимодействия квантового объекта с классическим телом (см.: Нильс Бор, жизнь и творчество. М., 1967. С. 105—109).

[47] Напомним, что, согласно утверждениям Т.Куна, смена видения исследовательских ситуаций всегда обусловлена сменой некоторых моделей, как “образцов”, с позиций которых рассматриваются указанные ситуации. С этой точки зрения переход от видения системы электронов как набора частиц, обладающих квантовой природой, к их видению как поля можно было бы объяснить выбором нового “образца”. В качестве такового принимают квантованное электромагнитное поле излучения, сквозь призму которого исследователь видит и другие объекты, например, расценивает систему электронов как набор квантов некоторого поля. Однако при таком, в определенной степени вполне правомочном, подходе все-таки остаются в тени важные стороны процесса исследования. Здесь не учитывается отмеченная выше трудность переноса представлений о системе фотонов как поля на систему электронов (наличие классического образца в первом случае и отсутствие его во втором). Чтобы осуществить такой перенос, нужно предварительно отнести их к некоторому общему классу и только затем один объект рассматривать по образу подобия второго. Иначе говоря, чтобы сравнивать, нужно иметь основание для сравнения; чтобы уподобить один образ другому, нужна схема распознавания образов. В рассматриваемом случае роль такой схемы сыграла картина физической реальности, введившая чрезвычайно общее представление о природе квантовых объектов. Соотнесение с ней электромагнитного поля и системы электронов было основанием для последующего представления одного из объектов в качестве модели другого.

[48] Современный этап развития квантово-релятивистской картины мира связан с разработкой программы “великого объединения”, которая ставит задачу

синтеза четырех основных типов взаимодействия — сильного, слабого, электромагнитного и гравитационного. Существенным успехом этой программы стало создание теории электрослабых взаимодействий.

[49] Zeitschrift für Physik. 1931. 66. S. 206.

[50] Ландау Л.Д., Пайерлс Р. Распространение принципа неопределенности на релятивистскую квантовую теорию // Ландау Л.Д. Собрание трудов. Т. 1. М., 1965. С. 56—70.

[51] Данное соотношение было впервые получено Н. Бором в 1928 г. (см.: Ландау Л.Д., Пайерлс Р. Распространение принципа неопределенности на релятивистскую квантовую теорию // Ландау Л.Д. Собрание трудов. Т. 1. С. 59—61) В статье Ландау и Пайерлса приведен вывод указанного соотношения. При обмене энергией и импульсом между частицей и прибором должны соблюдаться законы сохранения импульса и энергии. Закон сохранения импульса дает следующую зависимость между изменением импульса частицы P и изменением импульса прибора p до и после измерения: $p'' + P'' - p' - P' = 0$ (1), где p' и p'' — состояние прибора до и после обмена импульсом с частицей, а P' и P'' — соответствующие состояния частицы. Закон сохранения энергии требует подобной же зависимости для обмена энергией между частицей и прибором за время измерения Δt . С учетом соотношения $\Delta \epsilon \Delta t \sim \hbar$ эта зависимость принимает вид $\epsilon'' + E'' - \epsilon' - E' \sim \hbar$ (2), где ϵ' и ϵ'' — энергия прибора до и после измерения, а E' и E'' — соответствующие значения для энергии частицы. Значения p' и p'' и ϵ' и ϵ'' , как относящиеся к прибору, всегда известны со сколь угодно большой точностью. Поэтому из уравнения (1), (2) получают для импульса и энергии пробной частицы соотношения $\Delta P' = \Delta P''$ и $\Delta E'' - \Delta E' \sim \hbar$ (3). Согласно соотношению между энергией и импульсом, $\Delta E' = \Delta P' = \Delta P'$ (— скорость частицы до столкновения), а $\Delta E'' = \Delta P'' = v'' \Delta P''$. Подставляя эти значения в (3), получаем $\Delta P \sim \hbar / \Delta t$. Таким образом, последнее соотношение возникает потому, что всякое измерение занимает некоторый промежуток времени Δt , за который возникает неопределенность энергии при обмене энергией-импульсом между измеряемой квантовой частицей и классическим прибором.

[52] Это связано с необходимостью контролировать изменение скоростей частицы в момент ее соударения с прибором; с тем чтобы вычислить возмущающее воздействие на ее импульс собственного поля излучения. Но подобный контроль, в свою очередь, предполагает новое измерение (определение скоростей v' и v'' до и после соударения частицы с прибором), причем измерение за бесконечно малый промежуток времени. Ситуация повторяется и вследствие $\Delta P \Delta t \sim \hbar$, если $\Delta t \rightarrow 0$, то $\Delta P \rightarrow \infty$, т. е. всякий контроль за возмущающим воздействием излучаемого частицей поля на ее импульс приводит к возрастанию, а не к уменьшению неопределенности такого импульса.

[53] Чтобы избежать анализа возмущающего воздействия заряженных пробных частиц на электрон, Ландау и Пайерлс, в качестве таковых частиц рассматривая фотоны, свои мысленные эксперименты строили по схеме опытов, основанных на комптон-эффекте. В этом случае важно было, что импульс фотона, сталкивающегося с электроном и передающего информацию о его состоянии прибору, может быть измерен за промежуток Δt только с неопределенностью ΔP , которая не может быть сделана меньше (согласно соотношению $\Delta P \Delta t$). Учет этого обстоятельства означал, что с соответствующей неопределенностью может быть зафиксирована классическим прибором измеряемая величина, характеризующая состояние электрона.

[54] Квантовомеханическое описание плотностей заряда-тока предполагает их представление в виде множества отдельных электронов. Последние могут быть интерпретированы как кванты электронного поля. Согласно постулату

квантовомеханического описания, классические величины, характеризующие систему, должны быть использованы и в качестве наблюдаемых при описании ее квантовых свойств. Источники поля в классической электродинамике характеризовались вектором плотности заряда-тока в пространственно-временной точке. При определении этой величины в процессе измерения предполагается, что промежуток времени, необходимый для измерения, должен быть бесконечно мал. Но тогда при учете квантовых эффектов принципиально невозможно получить точное значение этой фундаментальной величины, что противоречит постулату квантово-механического описания, который не накладывал ограничений на точное измерение одной наблюдаемой.

[55] Свидетельством тому является скептическое отношение к ней В. Паули, высказанное им в 1932 г. (*Паули В.* Общие принципы волновой механики. М., 1947. С. 284—286).

[56] Напомним, что исходной моделью для квантования поля было представление о нем как бесконечном наборе осцилляторов, каждый из которых подвергается квантованию. Энергия поля записывалась в виде суммы выражений для энергии каждого осциллятора. Из этих выражений следовало, что значения энергии нулевых колебаний всех осцилляторов поля отличны от нуля. Вместе с тем полученные выражения показывали, что в рассматриваемом состоянии не может быть фотонов, т. е. физически это должен быть чистый вакуум. Поскольку число осцилляторов поля бесконечно (соответственно числу степеней свободы), получалось, что в отсутствие фотонов вместо ожидаемой нулевой энергии возникает бесконечная энергия, которая должна быть приписана вакууму. Такой вывод был настолько неожиданным, что первоначально его вполне можно было расценить как свидетельство глубоких изъянов в создаваемой теории.

[57] *Ландау Л.Д., Пайерлс Р.* Распространение принципа неопределенности на релятивистскую квантовую теорию // *Ландау Л.Д.* Собрание трудов. Т. 1. С. 69.

[58] *Ландау Л.Д., Пайерлс Р.* Распространение принципа неопределенности на релятивистскую квантовую теорию // *Ландау Л.Д.* Собрание трудов. Т. 1. С. 69.

[59] Термин “трансляция” здесь означает, что состояние пробного тела за время $t_1 - t_2$ между взаимодействиями с измеряемым объектом, с одной стороны, и прибором-регистратором, с другой, либо не меняется, либо меняется во времени по известному наблюдателю закону, на основании которого он может определять то начальное состояние пробного тела, которое является индикатором исследуемого состояния объекта измерения.

[60] *Ландау Л.Д., Пайерлс Р.* Распространение принципа неопределенности на релятивистскую квантовую теорию // *Ландау Л.Д.* Собрание трудов. Т. 1. С. 57.

[61] В этом случае всегда можно сделать так, чтобы пробное тело, раз испытав взаимодействие с измеряемой квантовой системой, двигалось бы как свободная частица, не испытывая больше новых воздействий (трансляция ее состояния подчинялась бы уравнению Шредингера, и для любого момента времени сведения об этом состоянии можно было бы получить на основе указанного уравнения). Что же касается возмущающего воздействия прибора-регистратора на состояние пробной частицы за время Δt , в которое происходит регистрация этого состояния, то возникающие здесь неопределенности могут быть минимизированы за счет соответствующего подбора Δt . Если речь идет о значении энергии ϵ или импульса P пробной частицы как характеристиках ее состояния, то возникающие вследствие квантовых эффектов (которые сопровождают передачу энергии-импульса пробной частицы прибору) неопределенности $\Delta \epsilon$ и ΔP можно уменьшать за счет увеличения времени измерения Δt (согласно соотношениям $\Delta \epsilon \Delta t ?$ и $\Delta P \Delta t ?$). Все это делает измерения в области нерелятивистских квантовых взаимодействий вполне предсказуемыми, даже если пробная частица взаимодействует с прибором-

регистратором как квантовый объект. Анализ таких измерений, когда информацию о состоянии квантовых систем получают не через их непосредственное взаимодействие с прибором (прямые измерения), а через ряд опосредующих звеньев, в качестве которых выступают квантовомеханические частицы (косвенные измерения), и обоснование принципиальной осуществимости указанных измерений в нерелятивистской области можно найти, например, в лекциях Л.Мандельштама по квантовой механике (*Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М., 1972*).

[62] Напомним, что на период, непосредственно примыкающий к дискуссиям о парадоксах неизмеримости падают два Сольвеевских конгресса — 1927 и 1930 гг., на которых развернулась знаменитая полемика между Бором и Эйнштейном по поводу оснований квантовой теории. Ключевым моментом в этой полемике было обсуждение специфики квантовомеханического измерения и выяснение особой роли классического прибора в определении состояний измеряемой квантовой системы.

[63] Возникновение психологического барьера и его преодоление представляет собой одни из характерных моментов психологии научного открытия. Детальное обсуждение этой стороны научного творчества на материале истории науки можно найти в работах Б.М.Кедрова.

[64] *Бор Н. Избранные научные труды. Т. 1. М., 1970. С. 125—131.*

[65] Розенфельд начинает свои воспоминания о совместной работе с Бором с более позднего периода (конец февраля 1931 г.), когда уже закончились боровские дискуссии с Ландау и Пайерлсом. Видимо, у Бора в этот период уже созрела в общих чертах идея необходимости применять в идеализированных процедурах измерения классические пробные тела. Описание же Розенфельдом соответствующего фрагмента истории электродинамики ставит целью воспроизвести основные этапы измерительных процедур, приведших к обоснованию принципиальной неизмеримости компонент квантованного поля. Естественно, что внимание акцентируется на самих процедурах, а не на подготовительном периоде, обусловившем их проведение. Об этом периоде Розенфельд пишет в самых общих чертах. Неудивительно, что при этом остается на заднем плане логический ход мыслей, приведших к замечанию Бора о полевых средних. Реконструкция этого рассуждения просто не входила в задачи розенфельдовского эссе.

[66] *Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2. М., 1971. С. 130.*

[67] Нетрудно видеть, что это как раз тот круг вопросов, обсуждая которые Ландау и Пайерлс пришли к выводу о принципиальной неизмеримости поля. Бор и Розенфельд возвращаются к их обсуждению, но уже на принципиально иной основе — анализе проблемы неизмеримости поля в рамках мысленных экспериментов с классическими пробными телами.

[68] *Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2. С. 132.*

[69] Указанная формула легко выводится из уравнения Лоренца $F_x =$ для силы, с которой поле действует на заряд q в момент t в направлении оси x . Переходя к интегральному виду этого выражения для усредненной по области V компоненты силы, действующей на заряженное тело объема V за время τ , и принимая во внимание, что сила действия поля на заряженное тело, по определению, дает значение напряженности поля, получают формулу $E_x =$, где $P_x =$

[70] *Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2. С. 132—133.*

[71] *Большман Л. Очерки методологии физики. М., 1929. Т. 2. С. 121.*

[72] *Нильс Бор и развитие физики. С. 99.*

[73] *Там же. С. 99—100.*

[74] Вывод о возможности представить пробное тело как часть прибора, по-видимому, был заранее подготовлен анализом функций пробных тел, который Н.

Бор осуществил еще в период формирования своей программы идеализированных измерений.

[75] Бор Н. С. 141—142.

[76] При этом, конечно, будет возникать некоторая погрешность в импульсе ΔP_x в силу соотношения $\Delta P_x \Delta t \sim \hbar$. Но при фиксированном Δt такая погрешность имеет строго определенный порядок величины. Как показали Бор и Розенфельд, она как раз соответствует той величине ΔP_x , которая возникает при фиксированной неопределенности Δx в положении пробного тела при его смещении, вызванном взаимодействием с прибором-регистратором. Наличие же неопределенности ΔP_x при фиксированном Δx не мешает точно измерить усредненную по V компоненту поля, поскольку, как было показано выше, эту погрешность можно компенсировать, наращивая плотность заряда пробного тела. (Подр. Бор Н. Избранные научные труды. С. 137—138).

[77] Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2. М., 1971. С. 137.

[78] Там же. С. 139—140.

[79] Там же. С. 142—143.

[80] Там же. С. 142—143.

[81] Бор Н. Избранные научные труды. С. 149; Нильс Бор и развитие физики / Под ред. В. Паули. С. 105—106.

[82] Нильс Бор и развитие физики. С. 170.

[83] Там же. С. 107.

[84] Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2. С. 153—158.

[85] Нильс Бор и развитие физики. С. 104.

[86] В этом случае пришлось бы считать излучение, вызванное смещением пробного тела на Δx при измерении его импульса и неподдающееся компенсации, тем возмущающим воздействием, которое принципиально не позволяет точно определить компоненту поля.

[87] Бор Н. Избранные научные труды. Т. 2. С. 434—445.

[88] Нильс Бор и развитие физики. С. 113.

[89] Первая публикация Бора и Розенфельда по проблемам измеримости квантованного электромагнитного поля относилась к 1934 г. Публикация, касающаяся проблем измеримости плотностей заряда тока, в окончательной редакции вышла в 1952 г. (после построения теории перенормировок), но ее первая редакция в виде обзора была подготовлена в середине 30-х г. и была достаточно хорошо известна большинству теоретиков, работавших над проблемой квантования полей (см. свидетельство Л. Розенфельда в кн.: Нильс Бор, жизнь и творчество. С. 76).

[90] В современном изложении необходимость рассмотрения наблюдаемых как суммарного итога взаимодействия голы заряженной частицы с вакуумом часто подкрепляется ссылками на поляризацию вакуума (электрон, взаимодействуя с вакуумом, покрывается поляризационной “шубой” из виртуальных электронов и позитронов, которая для внешнего наблюдения воспринимается как эффективное уменьшение заряда электрона). Однако следует помнить, что само открытие поляризации вакуума представляло достаточно позднее достижение (по сравнению с процедурами Бора—Розенфельда) и само нуждалось в предварительной идее о физической реальности вакуума и о возможности проявления в опыте эффектов его взаимодействия с заряженными частицами. Идеи же такого рода сформировались благодаря проведению идеализированных измерений квантованных полей.

[91] В концепции парадигмальных образцов решения задач, развитой Куном, новые нестандартные решения, приводящие к перспективным гипотезам, описаны в терминах гештальт-переключения (см.: Кун Т. Структура научных революций. М., 1975. С. 244—249).

[92] См.: Кармин А. С., Хайкин Е. П. Творческая интуиция в науке. М., 1971. С. 36—39.

[93] См.: Бранский В. П. Философские основания проблемы синтеза релятивистских и квантовых принципов. Л., 1973. С. 40—41, 36—39.

[94] См.: там же. С. 40.

[95] Reichenbach H. Experience and Predication. Chicago, 1961. P. 6—7.

[96] Кун Т. Структура научных революций. С. 235—240.

[97] См.: Kuhn T. Secound Thoughts on Paradigms // The Structure of Scientific Theories. Urbana, 1974. P. 59—482.

[98] Ibid.

[99] Они были открыты и описаны впервые в работах: *Степин В.С., Томильчи Л.М.* Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970; *Степин В.С.* Генезис теоретических моделей науки // *Философия. Методология. Наука.* М., 1972; *Степин В.С.* Становление научной теории. Минск., 1976.

[100] *Heisenberg W.* Der Teil und das Ganze: München, 1969. S. 91—92.

[101] *Омельяновский М.Э.* Диалектика в современной физике. М., 1973. С. 99.

Глава VI

Научные революции

В динамике научного знания особую роль играют этапы развития, связанные с перестройкой исследовательских стратегий, задаваемых основаниями науки. Эти этапы получили название научных революций. Основания науки обеспечивают рост знания до тех пор, пока общие черты системной организации изучаемых объектов учтены в картине мира, а методы освоения этих объектов соответствуют сложившимся идеалам и нормам исследования.

Но по мере развития науки она может столкнуться с принципиально новыми типами объектов, требующими иного видения реальности по сравнению с тем, которое предполагает сложившаяся картина мира. Новые объекты могут потребовать и изменения схемы метода познавательной деятельности, представленной системой идеалов и норм исследования. В этой ситуации рост научного знания предполагает перестройку оснований науки. Последняя может осуществляться в двух разновидностях: а) как революция, связанная с трансформацией специальной картины мира без существенных изменений идеалов и норм исследования; б) как революция, в период которой вместе с картиной мира радикально меняются идеалы и нормы науки и ее философские основания.

В истории естествознания можно обнаружить образцы обеих ситуаций интенсивного роста знаний. Примером первой из них может служить переход от механической к электродинамической картине мира, осуществленный в физике последней четверти XIX столетия в связи с построением классической теории электромагнитного поля. Этот переход, хотя и сопровождался довольно радикальной перестройкой видения физической реальности, существенно не менял познавательных установок классической физики (сохранилось понимание объяснения как поиска субстанциональных оснований объясняемых явлений и жестко детерминированных связей между явлениями; из принципов объяснения и обоснования элиминировались любые указания на средства наблюдения и операциональные структуры, посредством которых выявляется сущность исследуемых объектов и т.д.).

Примером второй ситуации может служить история квантово-релятивистской физики, характеризовавшаяся перестройкой не только научной картины мира, но и классических идеалов объяснения, описания, обоснования и организации знаний, а также соответствующих философских оснований науки..

Новая картина исследуемой реальности и новые нормы познавательной деятельности, утверждаясь в конкретной науке, затем могут оказать революционизирующее воздействие на другие науки. В этой связи можно выделить два пути перестройки оснований исследования: за счет внутридисциплинарного развития знаний, за счет междисциплинарных связей, “прививки” парадигмальных установок одной науки на другую.

Оба эти пути в реальной истории науки как бы накладываются друг на друга, поэтому в большинстве случаев правильнее говорить о доминировании одного из них в каждой из наук на том или ином этапе ее исторического развития.

Внутридисциплинарные революции

Парадоксы и проблемные ситуации как предпосылки научной революции

Чаще всего наука включает в исследование новые объекты, сама того не замечая, через эмпирическое изучение новых явлений либо в процессе решения специальных теоретических задач.

Чтобы проанализировать детально особенности этого процесса, рассмотрим историческую ситуацию, которая непосредственно предшествовала построению специальной теории относительности и была одной из предпосылок революции в физике XX века[1]. Эта ситуация была связана с обнаружением парадоксов в классической электродинамике движущихся тел.

Развитие Лоренцем электродинамики Максвелла и построение теории электронов позволяло решать класс задач, в которых рассматривалось взаимодействие движущихся зарядов и тел с электромагнитным полем. В процессе решения требовалось записывать уравнения Максвелла в различных системах отсчета, и тогда обнаружилось, что уравнения перестают быть ковариантными, если пользоваться преобразованиями Галилея. Выход был найден путем введения новых преобразований. Их предложил вначале Фогт, а потом Лоренц, под именем которого они и вошли в историю науки.

Преобразования координат (пространственных и временной) при переходе от одной инерциальной системы к другой являются существенной характеристикой таких систем. Инерциальная же система отсчета относится к числу фундаментальных теоретических объектов любой физической теории. В электродинамике Максвелла—Лоренца она входила в качестве компонента в теоретическую схему, лежащую в основании теории. Эта схема изображала электромагнитные процессы через отношения абстрактных объектов — электрического и магнитного полей в точке, элементарного точечного заряда (электрона) и инерциальной системы отсчета. Схема объективировалась через отображение на электродинамическую картину мира: поля в точке рассматривались как состояния мирового эфира; элементарный точечный заряд соотносился с образом электрона как заряженного сферического поля чрезвычайно малых размеров, погруженного в эфир; пространственно-временные характеристики системы отсчета связывались с признаками абсолютного пространства и абсолютного времени. Эта связь устанавливалась благодаря тому, что пространственный и временной интервалы системы отсчета предполагались неизменными при переходе от одной системы отсчета к другой. Неизменность интервалов позволяла рассматривать их как не зависящие от движения тел (систем отсчета) и таким образом представить как абсолютное пространство и абсолютное время. Преобразования Галилея, из которых автоматически следовало это свойство инерциальных систем отсчета, получали таким путем физическую интерпретацию.

Но когда в теорию были введены новые преобразования, система отсчета неявно была наделена новыми признаками: из преобразований Лоренца следовало, что отдельно пространственной и отдельно временной интервалы не сохраняются при переходе от одной системы отсчета к другой. При отображении на картину мира эти признаки системы отсчета объективировались, что порождало противоречащие друг другу определения пространства и времени — относительность пространственных и временных интервалов была несовместима с принципом абсолютности пространства и времени[2].

Парадоксы являются сигналом того, что наука втянула в сферу своего исследования новый тип процессов, существенные характеристики которых не были отражены в картине мира. Представления об абсолютном пространстве и времени, сложившиеся в механике, позволяли непротиворечивым способом описывать процессы, протекающие с малыми скоростями по сравнению со скоростью света. В электродинамике же исследователь имел дело с принципиально иными процессами, которые характеризуются околосветовыми или световой скоростями. И здесь применение старых представлений приводило к противоречиям в самом фундаменте физического знания.

Таким образом специальная теоретическая задача перерастала в проблему: система знания не могла оставаться противоречивой (непротиворечивость теории является нормой ее организации), но для того, чтобы устранить парадоксы, требовалось изменить физическую картину мира, которая воспринималась исследователем как адекватное воспроизведение действительности.

Ситуации подобного рода достаточно характерны для науки, вступающей в полосу научной революции. Возникающие в этот период научные проблемы появляются благодаря решению специальных задач. Механизм перерастания задачи в проблему, с нашей точки зрения, заключается в том, что генерированные сложившимися основаниями науки теоретические схемы и законы перестраиваются в процессе своего эмпирического обоснования, приводятся в соответствие с новыми фактами и таким путем включают в себя новое содержание. При обратном отображении на основания (в частности, на картину мира) это содержание может рассогласовываться с вводимыми в картину мира представлениями о реальности. Если картина мира не учитывает специфику новых объектов, то отображение на нее теоретических схем, схватывающих некоторые существенные особенности таких объектов, приводит к парадоксам в системе знания[3].

Парадоксы разрешаются в науке путем перестройки ранее сложившихся оснований. Такая перестройка обязательно предполагает изменение картины мира. Однако пересмотр картины мира является весьма нелегким делом, поскольку она в предшествующий период стимулировала теоретические и эмпирические исследования и воспринималась как адекватный образ сущности изучаемых процессов.

Характерно, например, что Лоренц, подготовив своими работами ломку электродинамической картины мира, сам не сделал решающего шага в этом направлении.

Он истолковал изменения пространственных и временных интервалов при переходе от одной системы отсчета к другой как фиктивное, “местное” пространство и время. Истинным же он считал абсолютное пространство и время картины мира, принятой в физике конца XIX века.

Уже в процессе вывода своих преобразований Лоренц стремился придать им физический смысл за счет введения в картину мира ряда допущений, которые сохраняли бы эфир и абсолютное пространство и время. Он предположил, что при движении относительно эфира и при взаимодействии с ним электрон может изменять свою пространственную конфигурацию. Таким путем Лоренц интерпретировал изменение пространственных и временных интервалов как побочный эффект динамики электрона, но не как реальное свойство пространства и времени. С этих же позиций он истолковывал и результаты опыта Майкельсона.

Радикальная трансформация электродинамической картины мира была осуществлена в работах Эйнштейна. Она была связана с отказом от концепции эфира и пересмотром представлений об абсолютном пространстве и времени.

Переход к новому видению физической реальности, осуществленный Эйнштейном, можно было бы, вслед за Куном, охарактеризовать в терминах

психологии открытия как гештальт-переключение. Но при таком подходе остаются в тени логика познавательного движения, которая лежала в основе эйнштейновского творчества и которая характеризует механизмы перестройки оснований науки в период научной революции.

Попытки предшественников Эйнштейна сохранить прежнюю физическую картину мира не устраняли парадоксов, а лишь переводили их в более глубокий слой оснований науки.

В этом случае обычно возникают противоречия между создаваемой системой знания и идеалами науки, в соответствии с которыми должна строиться теория. Дополнительные принципы, вводимые в картину мира для объяснения новых явлений, предстают в качестве постулатов *ad hoc*. Постоянное использование таких постулатов при обнаружении новых явлений порождает опасность неупорядоченного умножения исходных принципов теоретического исследования. В пределе при таком умножении количество принципов может начать уравниваться с количеством эмпирических фактов, объясняемых с помощью данных принципов, что разрушает саму идею теоретического объяснения.

Критика Эйнштейном представлений классической физики была во многом стимулирована осознанием указанного парадокса. В свою очередь, это осознание предполагало особую позицию исследователя. Он должен был выйти из сферы специально научных проблем и рассмотреть их в аспекте закономерностей процесса познания, т. е. обратиться к языку философско-методологического анализа. Познавательная деятельность, направленная на перестройку оснований науки, всегда предполагает такого рода смену исследовательской позиции и обращение к философско-методологическим средствам (см. рис. 7).

Рис. 7.

Эйнштейн исходил из методологического постулата, что теория не только должна удовлетворять нормативу опытного обоснования, но и, в идеале, должна быть организована так, чтобы многообразие самых разнородных явлений объяснялось и предсказывалось на основе относительно небольшого числа принципов, схватывающих сущность исследуемой реальности.

На более поздних этапах своего творчества (уже после создания специальной теории относительности) Эйнштейн обозначал эти методологические критерии, в соответствии с которыми должна создаваться физическая теория, как требования ее опытного подтверждения и внутреннего совершенства^[4]. Оба этих требования он обосновывал в качестве глубинных характеристик научного исследования и по существу рассматривал их как экспликацию инвариантного содержания идеалов науки, которое регулирует теоретический поиск на всех этапах развития естествознания.

Обоснование указанных требований в качестве универсально значимых характеристик идеала естественнонаучной теории предполагало анализ природы теоретического познания. К этому анализу Эйнштейн неоднократно обращался в различные периоды деятельности, уточняя и развивая представления о путях формирования научной теории. Теоретическое воспроизведение существенных сторон реальности, согласно Эйнштейну, осуществляется путем творческого поиска небольшого набора принципов, на базе которых разворачивается вся остальная концептуальная конструкция теории. Сами же эти принципы могут быть лишь “навеяны” опытом, но не выводятся непосредственно из опытных фактов индуктивным путем. Они являются результатом активной перестройки исторически накопленных концептуальных средств, которые развиваются в самом процессе познания и во многом определяют характер создаваемой теории. Теория, чтобы быть истинной, должна опираться на опыт. Но одна и та же сфера опыта может быть описана различными теориями, и каждая из них дает свое видение фактов. Поэтому

опытное подтверждение, согласно Эйнштейну, необходимо, но не достаточно для того, чтобы принять теорию. Нужно еще внутреннее совершенство теоретической конструкции.

В развитой форме эта концепция была изложена в эйнштейновских трудах уже после построения специальной теории относительности (СТО). По-видимому, в период становления СТО многие из идей указанной концепции были еще в зародышевом состоянии. Имеются веские основания считать, что идея о невыводимости теоретических принципов непосредственно из опыта была выработана Эйнштейном только в период создания общей теории относительности (ОТО)[5]. Но особую роль принципов в теоретическом познании Эйнштейн осознавал всегда. Через все этапы его творчества проходит убеждение в существовании глубинных закономерностей природы, которые призвана выявить наука и которые отражаются в науке в форме принципов.

Показателем соответствия теоретических принципов исследуемой реальности служит, по Эйнштейну, не только дедуктивная выводимость из них отдельных следствий, подтверждаемых опытом, но и охват принципами как можно более широкого многообразия фактов. Принципы, положенные в основу физического исследования, должны отражать “общие черты огромного множества экспериментально установленных фактов”[6].

Такого рода представлений было уже достаточно, чтобы обосновать универсальность идеала опытного подтверждения и внутреннего совершенства теории. Последующая эволюция гносеологических взглядов Эйнштейна лишь уточняла это обоснование, включая в него новые, более глубокие аспекты понимания взаимосвязей теории и опыта.

Выделив универсальные характеристики идеала теоретического объяснения и теоретической организации знаний (опытное обоснование и внутреннее совершенство теории), Эйнштейн с этих позиций проанализировал ситуацию, сложившуюся в физике к началу XX века.

Введенные в электродинамике Лоренца гипотезы (“объясняющие” изменение длин и временных интервалов) Эйнштейн расценил как типичные постулаты ad hoc, посредством которых лишь формально устраняются противоречия между теорией и опытом и которые являются “искусственным средством спасения теории”[7]. Лоренцевская электродинамика движущихся тел не удовлетворяла идеалу теоретической организации, а поэтому нуждалась в коренной перестройке. Но такая перестройка предполагала изменение фундаментальных понятий и представлений, на которых основывалась физическая картина мира.

Поскольку эти понятия онтологизировались, их пересмотр предполагал постановку вопроса об их отношении к реальности. В результате вновь возникала ситуация, когда философский анализ был необходимым предварительным условием решения конкретно-научных задач.

Создатель теории относительности не раз подчеркивал, что понятия науки должны описывать реальность, существующую независимо от нас. Мы видим реальность через систему понятий и поэтому часто отождествляем понятия с реальностью, абсолютизируем их. Между тем опыт развития науки свидетельствует, что даже наиболее фундаментальные понятия и представления науки “никогда не могут быть окончательными”. “Мы всегда должны быть готовы изменить эти представления, т. е. изменить аксиоматическую базу физики, чтобы обосновать факты восприятия логически наиболее совершенным образом”[8].

Такого рода философская критика понятий и принципов физической картины мира служит предпосылкой ее последующей коренной перестройки.

Но роль философско-методологического анализа в период перестройки оснований науки не ограничивается только критическими функциями. Этот анализ

выполняет также конструктивно-эвристическую функцию, помогая выработать новые основания исследования. Новая картина мира не может быть получена из нового эмпирического материала чисто индуктивным путем. Сам этот материал организуется и объясняется в соответствии с некоторыми способами его видения, а этот способ задает картина мира. Поэтому эмпирический материал может лишь обнаружить несоответствие старого видения новой реальности, но сам по себе он еще не указывает, как нужно изменить это видение. Формирование новой картины мира требует особых идей, которые позволяют перегруппировать элементы старых представлений о реальности, элиминировать часть из них, включить новые элементы с тем, чтобы разрешить имеющиеся парадоксы и ассимилировать накопленные факты. Такие идеи формируются в сфере философско-методологического анализа познавательных ситуаций науки и играют роль весьма общей эвристики, обеспечивающей интенсивное развитие исследований.

Эвристическая роль методологических идей

Известно, что формирование теории относительности было связано с применением ряда методологических принципов, которые сыграли эвристическую роль в становлении новых идей физики[9]. Эти принципы (простоты, наблюдаемости, инвариантности и др.) представляли собой итог философского анализа процесса научного исследования и процедур формирования физических понятий. Их можно рассматривать как методологические регулятивы, которые являются своеобразной конкретизацией философских идей применительно к запросам и потребностям соответствующей области естествознания. Система таких регулятивов выражает в эксплицитной форме определенные нормы познавательной деятельности и целенаправляет перестройку ранее сложившейся в науке физической картины мира.

Ретроспективно оценивая процесс создания специальной теории относительности, Эйнштейн подчеркивал, что фундаментальную роль в ее построении сыграл гносеологический постулат: “понятия и суждения имеют смысл лишь постольку, поскольку им можно однозначно сопоставить наблюдаемые факты. (Требование содержательности понятий и суждений)”[10]. Этот постулат правомерно рассматривать как одну из формулировок принципа наблюдаемости.

Известно, что принцип наблюдаемости широко пропагандировался Э. Махом, который видел в нем выражение своей концепции теории и опыта (теория, по Маху, есть сжатая сводка опытных данных, которые, в свою очередь, истолковывались как ощущения познающего субъекта).

Эйнштейновская трактовка принципа наблюдаемости отличалась от трактовки Маха, поскольку вытекала из иной концепции научного познания и схватывала ряд реальных моментов формирования теории и ее отношения к опыту.

Во-первых, требуя обосновывать теоретические понятия наблюдаемыми фактами, Эйнштейн иначе, чем Мах, понимал природу факта. В отличие от Маха он не сводил факты к ощущениям наблюдателя, а рассматривал их как зафиксированные наблюдателем явления физического мира, которые обнаруживаются в процедурах эксперимента и измерения. В своих первых работах, посвященных изложению СТО, Эйнштейн часто применял для обозначения наблюдаемого факта термин “событие”. Этот же термин широко использовался Махом. Но у Маха событие понимается как переживание субъекта, а у Эйнштейна — как физическое явление, регистрируемое в эксперименте и наблюдении.

Во-вторых, Эйнштейн ни в начальный, ни в поздние периоды своего творчества не сводил теорию к “сжатой сводке опытных данных”. Его гносеологическая платформа базировалась на признании объективного существования природы и независимости законов физического мира от познающего субъекта. Поиск принципов, выражающих эти законы, являлся для него главной целью физического

исследования. Характеризуя в “Автобиографических заметках”^[11] начальную стадию формирования СТО, Эйнштейн подчеркивал, что побудительным мотивом, приведшим его к этой теории, было стремление “докопаться до истинных законов путем конструктивных обобщений фактов”, причем конструктивное обобщение понималось им как “открытие общего формального принципа”, который “может привести нас к надежным результатам”. Идея наблюдаемости с этой точки зрения означала нахождение корреляций между принципами, составляющими ядро теории, и экспериментально-измерительными процедурами, в системе которых формируется опытный факт.

Позднее, развив концепцию индуктивной невыводимости теоретических принципов непосредственно из опытных данных, Эйнштейн внес новые уточнения в свое понимание наблюдаемости. Он подчеркивал, что само ядро теории определяет, какую именно сферу опыта необходимо привлечь для обоснования ее понятий.

Принцип наблюдаемости не означал, что каждое понятие теории во всех своих определениях должно быть с самого начала введено как схематизация опыта. На стадии гипотезы теоретическая конструкция создается на основе выработанных наукой концептуальных средств путем преобразования ранее сформированных ею понятий в новые. На первых порах часть этих новых понятий может не удовлетворять принципу наблюдаемости и включаться в теорию в качестве вспомогательных элементов. Но когда уже очерчено ядро теории, тогда понятия, составляющие это ядро, должны быть введены в соответствии с требованиями наблюдаемости.

Принцип наблюдаемости представлял собой методологический норматив, выражающий идеал опытного обоснования теории. В то же время он был связан и с теми идеалами теоретического объяснения и организации знаний, которые Эйнштейн характеризовал как внутреннее совершенство теории. Требуя элиминировать из ядра теории понятия, не удовлетворяющие операциональным критериям, принцип наблюдаемости указывал пути минимизации фундаментальных понятий, посредством которых объясняются опытные факты.

Известно, что сама установка на минимизацию фундаментальных теоретических понятий, объясняющих факты, формулируется как принцип простоты. Этот принцип представляет собой норматив, непосредственно выражающий идеал “внутреннего совершенства теории”. Таким образом, между принципами наблюдаемости и простоты имеется связь, что свидетельствует об определенной системной организации методологических регулятивов, эксплицирующих нормы научного познания.

В системе таких регулятивов отдельные элементы играют различную роль на разных стадиях теоретического поиска. В современной физике на стадии формирования концептуального ядра теории, когда идет поиск математического аппарата и первичных гипотетических моделей, призванных обеспечить его интерпретацию, принцип простоты часто играет доминирующую роль, а принцип наблюдаемости — подчиненную. На стадии же обоснования гипотетического ядра создаваемой теории, когда уже очерчена область опыта, на которую должно опираться это ядро, начинает доминировать принцип наблюдаемости. Он обеспечивает уточнение и перестройку фундаментальных теоретических понятий и целенаправляет формирование новой теории в ее завершенном виде.

В философско-методологической литературе уже отмечалось то обстоятельство, что при построении Эйнштейном общей теории относительности принцип наблюдаемости не играл той решающей роли, которая принадлежала ему в создании специальной теории относительности^[12]. Объяснить этот факт можно тем, что при построении ОТО основная задача состояла в выработке математического аппарата и в формировании первичного концептуального ядра теории, тогда как работа

Эйнштейна над созданием СТО была начата, когда основа математического аппарата будущей теории (преобразования Лоренца) и первоначальная интерпретация этого аппарата был уже сформирован, а к новой теории приводила перестройка этой первоначальной интерпретации, порождавшей парадоксы.

Принципы наблюдаемости и простоты — принципы не только современной, но и классической физики. В них можно выделить как некоторое инвариантное содержание, характеризующее универсальные, устойчиво воспроизводящиеся черты познавательных установок физики, так и конкретизирующий слой положений, которым различаются исторические этапы развития науки и который выражает стиль физического мышления, господствующий на каждом таком этапе.

Переход от классической к современной физике сопровождался перестройкой указанного конкретизирующего слоя, что соответствовало перестройке норм физического исследования, формированию новых познавательных установок, обеспечивших прогресс науки.

В методологических исследованиях уже отмечалось, что конкретное содержание принципа простоты изменялось в истории науки[13]. Как известно, принцип простоты был сформулирован еще в XIII столетии У.Оккамом в виде требования не умножать сущностей сверх меры при объяснении явлений (“бритва Оккама”). В классическом естествознании это требование сохранилось, но было соединено с особой системой интерпретирующих положений: идея минимизации теоретических принципов выводилась из постулата “онтологической простоты природы”, а критериями соответствия логической простоты теории простоте природы считались не только проверяемость опытом и широта охвата принципами объясняемых и предсказываемых явлений, но и наглядность принципов.

В современном естествознании последний критерий уже не принимается в качестве решающего. В то же время математизация современной физики и широкое применение в ней метода математической гипотезы ввели новый слой конкретизирующих положений в принцип простоты, связав его с принципами инвариантности и симметрии.

Конкретное содержание принципа наблюдаемости также изменялось в процессе исторического развития физики. В период создания СТО перестройка этого содержания соответствовала формированию нового идеала обоснования теории, что, в свою очередь, знаменовало переход от классического к современному стилю мышления. Этот переход наметился уже в первоначальных версиях эйнштейновской трактовки наблюдаемости. Он был связан со становлением особого способа построения и обоснования концептуального ядра физической теории.

Указанное ядро можно определить (опираясь на проведенный выше анализ структуры теоретического знания) как фундаментальную теоретическую схему, отображенную на картину мира. Понятия, образующие ядро теории, включают определения, в которых выражается связь между признаками идеальных объектов теоретической схемы и объектов картины мира. Поэтому анализ фундаментальных понятий теории с позиций принципа наблюдаемости сопряжен с выявлением опытных оснований физической картины мира, экспликацией операционального фундамента тех признаков, которыми наделены ее идеальные объекты, получившие онтологический статус. Картина мира обосновывалась опытом и в классической физике, но это обоснование понималось как проверка в экспериментах и измерениях следствий, выводимых из принципов картины мира.

Новый подход, с позиций которого Эйнштейн приступил к построению теории относительности, был основан на требовании селективного операционального контроля за понятиями и принципами физической картины мира. Он не сводился к указанию на конкретные эксперименты и измерения, которые подтверждают эту картину, а предполагал выявление существенных черт всей экспериментально-

измерительной практики, в рамках которой должны обнаруживаться постулированные картиной мира характеристики исследуемой реальности. Хотя Эйнштейн в своих методологических экспликациях четко не формулировал описанного понимания наблюдаемости, его исследовательская практика свидетельствует в пользу такого рода понимания. Она была ориентирована на анализ глубинных предпосылок и оснований экспериментально-измерительных процедур, составляющих эмпирический базис физической картины мира.

Эту сторону дела мы рассмотрим более подробно. Экспериментально-измерительные процедуры физики всегда основаны на некоторых явно или неявно принимаемых допущениях относительно особенностей проводимого исследования. Эти допущения имеют сложную структуру. В их состав включаются положения о том, какими возмущающими воздействиями можно пренебречь (или учесть их) в той или иной конкретной ситуации измерения, чтобы могли быть воспроизведены изучаемые состояния объекта (и зафиксированы соответствующие его параметры). Допущения такого типа основаны на использовании конкретных физических законов и, как правило, четко эксплицируются исследователем. Например, при измерении температуры термометром принимаются во внимание возможные изменения шкалы термометра при его контакте с нагретым телом и на основе закона линейного расширения определяются поправки, которые учитываются при градуировке шкал.

Но в состав допущений, на которых основаны измерительные процедуры, входят и весьма общие постулаты, которые чаще всего воспринимаются исследователем как нечто само собой разумеющееся и не формулируются в явном виде. К числу таких постулатов относятся глубинные основания физического измерения, выражающие саму их природу, то общее, что существует у различных конкретных видов экспериментально-измерительных процедур.

Экспликация указанных оснований и их анализ осуществляются в системе философско-методологических средств, на стыке между физикой и философией.

Глубинные основания измерения предстают на каждом этапе развития науки в качестве своего рода “презумпций” исследования. Такими презумпциями являются, например, постулаты объективной воспроизводимости эксперимента и законосообразности явлений, исследуемых в эксперименте и наблюдении (подчиненность этих явлений законам природы).

Физическое исследование предполагает принципиальную возможность “рассечения” в эксперименте сложной “суперпозиции” законов природы путем подбора условий, в которых сводится к минимуму действие побочных и затемняющих факторов и проявляется в максимально удобной для наблюдения форме действие исследуемых законов. Этот постулат о фрагментации и локализации изучаемых процессов дополняется в физике еще одной презумпцией — убеждение, что законы природы, управляющие наблюдаемыми процессами, могут быть выражены на языке математики. Причем многообразие наблюдаемых явлений может быть описано и объяснено посредством относительно простых математических формулировок физических законов.

Постулаты указанного типа выражают нормы, лежащие в самом фундаменте физического познания. Между ними как глубинным слоем принципов экспериментально-измерительной деятельности и слоем допущений, основанных на применении конкретных физических законов, лежат промежуточные слои.

В частности, можно выделить слой физических принципов, которые имеют более общий характер, чем физические законы, но по отношению к фундаментальным постулатам физического исследования выступают в качестве их конкретизации. Например, постулат воспроизводимости эксперимента конкретизируется с помощью принципов, согласно которым одни и те же опыты

могут быть повторены в различных точках пространства и в различные моменты времени. Такого рода утверждения представляются очевидными: в Париже и в Москве один и тот же эксперимент даст одинаковые результаты; опыты Гюйгенса, в которых изучались соударение упругих тел или колебания маятника, могут быть воспроизведены и в наше время, более чем через триста лет после первого их осуществления.

Но за внешней очевидностью таких утверждений скрыты весьма сильные допущения относительно природы физического мира. Так, утверждение о принципиальной воспроизводимости эксперимента в различные моменты времени означает, что все временные точки эквивалентны друг другу, т.е. что физические законы действуют одинаково во всех этих точках. Тем самым вводится онтологический принцип однородности времени, связанный с постулатом о неизменности физических законов. А это означает, что при исследовании процессов природы физика абстрагируется от идеи эволюции и рассматривает физический мир вне его исторического развития (развитие предполагает формирование во времени качественно различных уровней организации мира и соответствующих законов, так что каждый новый уровень, возникая на основе ранее сложившихся, затем оказывает на них обратное воздействие, трансформирует их: тем самым в процессе развития не только возникают новые законы функционирования объектов, но и могут видоизменяться ранее сформировавшиеся законы при наложении на них новых связей).

Здесь мы сталкиваемся с одной из важнейших особенностей принципов измерения. Их система вводит идеализированную и весьма общую схему экспериментально-измерительных процедур, посредством которых выявляются существенные черты исследуемой реальности. Но вместе с этой схемой, а вернее, в соответствии с ней создаются представления физической картины мира.

Принципы и постулаты измерения выступают в качестве конкретизации (применительно к специфике физического исследования) особенностей метода, которые выражены в идеалах и нормах науки.

Фундаментальные постулаты измерения выражают наиболее общие и глубокие основания этого метода, конституирующие физику как науку. Конкретизирующий их слой принципов выражает те особенности метода, которые характерны для определенного этапа развития физики и которые могут пересматриваться на других этапах развития, при вовлечении в сферу физического познания новых типов объектов.

Поскольку коррелятивно схеме метода вводятся представления о физических процессах, выраженные в картине мира, постольку, приняв те или иные принципы измерения, физик неявно принимает и ряд онтологических постулатов. С этих позиций ясно, что анализ и пересмотр принципов измерения в конечном счете влечет за собой пересмотр онтологических схем, принимаемых физикой на том или ином этапе ее исторической эволюции.

В классической физике такой анализ, как правило, не проводился в явном виде. Изменения, которые вносились в картину мира, выступали в качестве гипотез, проходивших затем длительную проверку опытом. Процесс такой проверки и развитие на этой основе картины мира постепенно и незаметно для исследователя коррелировали онтологические постулаты со схемой измерения, которая неявно лежала в основе соответствующих опытов.

В современной физике сложился иной путь теоретического освоения объектов. Принципы картины мира вводятся так, что их скоррелированность со схемой метода фиксируется в явном виде. При таком подходе перестройка картины мира начинается с экспликации и анализа принципов экспериментально-измерительной деятельности.

Новый подход к физике утвердился не сразу. В период формирования СТО он выступал в первоначальной, еще не достигшей зрелости форме. Лишь после построения СТО и ОТО и особенно в период формирования квантовой механики, когда Н. Бором была развита концепция дополнительности, новый подход к построению концептуального ядра физической теории приобрел отчетливые очертания.

Указанный подход утверждался как новый идеал обоснования теории, который, сохраняя само требование эмпирического обоснования ее фундаментальных понятий, предполагал особую (отличную от принятой в классической физике) интерпретацию этого требования.

Становление и развитие нового идеала сопровождалось формированием соответствующих ему норм и экспликацией последних в форме методологических принципов. Принцип наблюдаемости представлял собой такую экспликацию. Причем по мере развития современного идеала обоснования теории развивалось содержание и принципа наблюдаемости. Вначале он выступал в форме “полуклассического” принципа, поскольку мог согласовываться с традиционной трактовкой теоретических понятий как почерпнутых непосредственно из опыта. Впоследствии, когда построение ОТО обнаружило специфику становления концептуального ядра физической теории, принцип наблюдаемости был скорректирован Эйнштейном с учетом идеи об индуктивной невыводимости теории непосредственно из опытных данных.

Развитие принципа наблюдаемости было связано не только с уточнением сферы и особенностей его действия на разных стадиях теоретического поиска, но и с выявлением его связей с другими нормативными принципами физики. В частности, использование принципа наблюдаемости в исследовательской практике предполагало анализ презумпций и принципов измерения, в соответствии с которыми должны были вводиться в теорию ее фундаментальные конструкты. В ходе такого анализа содержание принципа наблюдаемости развертывалось через экспликацию целой системы нормативных принципов, посредством которых формулировались постулаты измерения.

Таким образом, выработка методологических принципов, выражающих новые нормы научного познания, представляет собой не одноразовый акт, а довольно сложный процесс, в ходе которого развивается и конкретизируется исходное содержание методологических принципов. В начальной фазе они могут не выступать в качестве альтернативы традиционному способу исследования, и лишь по мере развития они все отчетливее предстают как оппозиция старому стилю мышления.

Условием же выработки новых нормативных принципов, меняющих стратегию теоретического поиска, является зарождение внутри старого способа мышления новых идеалов научности. Эти идеалы выражают новое понимание целей исследования, а формирующиеся на их основе нормы указывают на способы достижения таких целей.

Поскольку идеалы и нормы исследования включаются в культуру благодаря философскому обоснованию, постольку формирование новых идеалов и норм всегда предполагает перестройку прежних и выработку новых философских оснований науки.

В этом отношении показательным, что современный путь теоретического исследования и современный идеал эмпирического обоснования теории во многом были результатом осмысления и философского анализа процессов, которые проявились уже в классическом естествознании в связи с ускорением темпов развития науки.

Философские предпосылки перестройки оснований науки

В XIX столетии усилиями практически одного поколения ученых была осуществлена довольно радикальная перестройка естественнонаучной картины мира. Вначале, в связи с отказом от концепции невесомых субстанций, таких как теплород, электрический и магнитный флюиды, была видоизменена господствовавшая в физике механическая картина мира. Затем она была преобразована в электродинамическую. Изменились не только представления о “субстрате” физических процессов (из обширного семейства невесомых остался только мировой эфир). Изменились взгляды и на природу физического взаимодействия: принцип близкодействия постепенно вытесняет старые представления о мгновенной передаче сил в пустоте, различные виды сил начинают рассматриваться как превращающиеся друг в друга.

Аналогичные процессы перестройки видения реальности протекали в соседних с физикой науках. Из научной картины мира элиминировались представления о флогистоне и различных биологических флюидах как особых субстанциях — носителях “химических” и “биологических сил”. Устанавливались связи между физикой и химией на базе атомистических представлений. Химические процессы постепенно начинают рассматриваться как фундамент биологических явлений. В биологии формируется картина эволюции живых организмов, которая окончательно утверждается после создания теории Дарвина и вызывает радикальные сдвиги в естественнонаучной картине мира.

Все эти процессы пересмотра “онтологических постулатов” естествознания, осуществившиеся за относительно короткий период эволюции науки, обнажили ряд важных особенностей формирования научной теории. Выяснилось, что одни и те же законы природы могут быть выражены с помощью различных понятий и что альтернативные системы теоретических постулатов могут до определенного момента опираться на одни и те же опытные факты и служить основанием для формулировки законов, объясняющих эти факты. Например, феноменологическая термодинамика, опирающаяся на концепцию теплорода, с успехом объясняла и предсказывала многие эмпирически фиксируемые явления. Переход к молекулярно-кинетической теории теплоты дал иное объяснение тех же явлений. Причем математические выражения законов в целом ряде случаев сохранились и перешли в новую теорию, хотя и получили в ней иную интерпретацию.

В электродинамике длительное соперничество альтернативных исследовательских программ (Ампера — Вебера, с одной стороны, и Фарадея — Максвелла, с другой) показало, что возможны различные формулировки законов электричества и магнетизма. Победа полевой концепции Фарадея — Максвелла не означала, что законы, сформулированные на основе онтологических постулатов программы Ампера — Вебера (законы Кулона, Ампера, Био — Савара и др.), были неадекватны исследуемым закономерностям физического мира.

Таким образом, естествознание поставило проблему выбора и обоснования онтологических постулатов, на базе которых разворачивается исследование. В качестве ее важнейшего аспекта возникал вопрос об онтологическом статусе фундаментальных абстракций, лежащих в основании картины мира. Многие такие абстракции, ранее воспринимавшиеся в качестве адекватной копии фрагментов объективного мира, утрачивали онтологический статус и представали в качестве гипостазированных объектов. Судьба флогистона, теплорода, электрического и магнитного флюидов была весьма показательным проявлением этого процесса. Характерно, что отказ от субстанциализации различных “типов сил” породил довольно радикальную программу перестройки физической картины мира. Многие (и довольно авторитетные) физики в конце XIX века начинают выражать сомнение в правомерности онтологизации понятия силы, которое традиционно входило в качестве важнейшего компонента в физическую картину мира. Кирхгоф предложил

исключить силу из числа фундаментальных понятий физики, сохранив ее только в качестве производного, вспомогательного понятия. Герц сознательно ориентировался на эту программу при построении своей механики.

Обсуждение проблемы выбора постулатов теории и обоснования фундаментальных понятий науки стимулировалось не только революциями в естествознании XIX века, но и прогрессом математики рассматриваемого исторического периода. Открытие неевклидовых геометрий и последующее применение в математике аксиоматического метода в его формальном и формализованном вариантах обнаружило недостаточность критериев наглядности для выбора аксиом теории и остро поставило проблему существования постулируемых математических объектов.

Наука XIX столетия, значительно ускорившая темпы своего развития по сравнению с предшествующей эпохой, все чаще сталкивалась с ситуациями, в которых идеалы классического естествознания обнаруживали свою ограниченность. Эти идеалы сложились в культуре XVI—XVII веков и доминировали в эпоху Просвещения, выражая ориентацию познания на активное постижение мира. Само это постижение интерпретировалось в качестве раз и навсегда данной природной способности человеческого разума воспроизводить сущность вещей, опираясь на опыт, и усматривать в опытных данных действие законов природы.

Относительно медленные темпы развития техногенной цивилизации на ранних стадиях ее истории по сравнению с современными не приводили в классической науке к частым перестройкам ее оснований [14] (сформировавшиеся в эпоху научной революции XVII столетия основания научного поиска устойчиво транслировались вплоть до XIX в.).

В силу этого естественным было восприятие сложившихся идеалов и норм познания в качестве выражения самой природы мыслительной деятельности человека, которая рассматривалась как неизменная в своей основе. До тех пор, пока динамика общественного развития не обнажила зависимостей познавательной деятельности от социальных условий, в которых она осуществляется, наука и философия специально не рассматривали социальных детерминаций человеческого познания, не выявляли тех социальных предпосылок, которые формируют особенности интеллектуального освоения мира в каждую историческую эпоху. Деятельностно-практическая природа научного познания, зависимость вырабатываемых наукой представлений об объектах от операциональных структур, мировоззренческих факторов и ценностей соответствующей эпохи оставались в тени и не были предметом рефлексии в науке и философии классического периода.

Отсюда вытекала характерная для этого периода трактовка идеалов и норм объяснения и обоснования знаний. Идеалы и нормы, конституирующие науку в качестве специфической формы познания (такие, как требование объективности и предметности знания, эмпирической проверки и т.д.), связывались с их особой интерпретацией. Считалось, что объективность и предметность теории достигается тогда, когда в “твердо установленных” фактах рассуждение выявляет сущностные характеристики, элиминируя из объяснения все, что относится к субъекту и процедурам его деятельности. Обоснованность теоретических знаний рассматривалась как способность объяснять и предсказывать факты и базироваться на самоочевидных принципах, почерпнутых из опыта.

Философская классика XVII — первой половины XIX века выдавала эти установки естествознания за выражение самой природы бытия и мышления. Особую роль в системе обоснования отмеченных установок в качестве “единственно возможных” идеалов и норм научности сыграл метафизический механистический материализм, принципы которого вплоть до XIX столетия выступали в качестве методологической базы естественнонаучного исследования. Лишь ускорившееся

развитие науки (особенно после первой промышленной революции) заставило по-новому оценить идеалы и нормы классического естествознания. Четко обозначилась роль гипотезы в теоретическом исследовании, все чаще возникали ситуации, когда различные теоретические объяснения соотносились с одной и той же областью опытных фактов, выявилась недостаточность критериев опытной подтверждаемости и самоочевидности для обоснования постулатов создаваемых теорий.

Необходимость критического отношения к принятым в классическом естествознании идеалам и нормам раньше всего была уловлена и начала осмысливаться в философии. Уже в рамках классической философской традиции в преддверии XIX столетия была поставлена проблема предпосылок познавательной деятельности и оснований естествознания (Кант). Все яснее осознавались активно-деятельностная природа познания и историческое развитие его категориальных структур (Фихте, Гегель). Наконец, переход от классического этапа развития философии к современному и начатый в середине XIX столетия пересмотр установок “классической философии”, доминировавших с XVII по XIX столетие [15], постепенно выявлял включенность познающего разума в исторически сложившиеся и исторически меняющиеся структуры общественной жизни, поставив проблематику социальной детерминации познания и, в качестве одного из ее аспектов, вопросы историчности глубинных оснований и предпосылок научного исследования.

Это была эпоха становления неклассической рациональности, когда рядом с классической парадигмой суверенного разума, как бы со стороны познающего мир, возникает альтернативный подход к пониманию познающего субъекта. В новой парадигме он рассматривается в качестве погруженного в мир, действующего внутри него и постигающего объекты в зависимости от того, каким образом исторически определенные состояния человеческого жизненного мира обеспечивают включение объектов в познавательную деятельность людей.

Осмысление этой укорененности сознания в структурах человеческого бытия и его обусловленности этими структурами нашло выражение во многих философских идеях второй половины XIX — начала XX века (Маркс, Кассирер, Риккерт, Виндельбанд, Вебер, Ницше, Фрейд и др.).

В философии науки эти идеи проявились прежде всего в интенсивном обсуждении проблематики научных онтологий. Традиционному отождествлению фундаментальных абстракций науки и реальности противостояла критика такого отождествления, опирающаяся на опыт исторического анализа науки. Э.Мах, П.Дюгем, А.Пуанкаре достаточно четко зафиксировали историческую относительность применявшихся в науке фундаментальных принципов и представлений о реальности и наличие в системе таких представлений гипостазированных объектов — абстракций типа флогистона и теплорода, которым неправомерно придавался статус реально существующих субстанций.

Центральное место при разработке философских вопросов науки в последней трети XIX века занял поиск методов обоснования фундаментальных научных абстракций и критериев, в соответствии с которыми они должны включаться в состав научного знания.

Ряд важных аспектов этой проблематики был развит конвенционализмом и эмпириокритицизмом, оказавших непосредственное влияние на эйнштейновское творчество. Рациональные моменты конвенционализма были связаны с постановкой проблемы вненаучных критериев принятия тех или иных онтологических постулатов. Правда, сама эта проблема была лишь обозначена в конвенционализме. Отмечая относительность онтологических постулатов науки, он мало обращал внимания на преемственность в развитии их содержания и не доводил анализ до исследования механизмов, посредством которых осуществляется включение в

культуру тех или иных фундаментальных научных представлений, а следовательно, и соглашение научного сообщества относительно их онтологического статуса.

Эмпириокритицизм акцентировал внимание на другой идее — эмпирического обоснования научной онтологии. Он считал, что редукция фундаментальных научных абстракций к наблюдениям может быть критерием разделения конструктивных научных абстракций и гипостазированных объектов.

А.Эйнштейн в своих поисках решения парадоксов электродинамики использовал некоторые из этих идей и подходов. Но он не просто заимствовал их в готовом виде, а выделял в них конструктивные моменты, переосмысливал их в соответствии с новыми ситуациями развития физики[16].

Принципиально важно отметить еще раз то обстоятельство, что к концу XIX века в сфере философского познания были выработаны необходимые средства, позволяющие осуществить критический анализ сложившейся в науке ситуации, когда дальнейший ее прогресс предполагал пересмотр “классических” идеалов и норм исследования.

Именно выход в сферу философских средств и их применение в проблемных ситуациях естествознания позволили видоизменить идеалы объяснения и обоснования знаний, утверждая новый метод построения картины мира и связанных с ней фундаментальных научных теорий.

Гносеологическая платформа, с позиций которой Эйнштейн решал методологические задачи физики, возникла как результат творческого осмысления большого историко-научного и историко-философского материала (анализа истории открытий Коперника, Галилея, Декарта, Ньютона; критического осмысления концепций Канта, Маха и др.).

Особо следует выделить критическое рассмотрение Эйнштейном философских взглядов Маха. На Эйнштейна, как и на многих естествоиспытателей, оказала влияние критика Махом философских оснований классического естествознания, в частности философии метафизического материализма, который к концу XIX века все отчетливее обнаруживал свое несоответствие запросам и потребностям науки. Критический импульс работ Маха, направленный против методологии механистического материализма, содержал в себе рациональные моменты, к которым, в частности, относились критика гипостазированных объектов и требование элиминировать их из фундамента физических теорий как не опирающихся на опыт.

Однако интерпретация Махом этого требования в духе понимания опыта как ощущений наблюдателя[17] и феноменистской трактовки теории приводила к отбрасыванию вместе с идеалами классической науки и ее установок на выработку предметного и объективного знания. А это означало элиминацию того содержания, которое составляло устойчивое ядро идеалов научности во все исторические эпохи и которое существенно характеризовало саму специфику научного познания.

Следует отметить и то обстоятельство, что в своей критике идеалов классического естествознания Мах не сумел преодолеть ряда существенных односторонностей классических концепций. В частности, традиционная для классического стиля мышления трактовка понятий и принципов физики как индуктивного обобщения опыта не только была сохранена в философии Маха, но и приобрела здесь гипертрофированные черты: теоретические понятия стали рассматриваться как принципиально редуцируемые к данным наблюдения.

Такой подход (выраженный в маховской трактовке принципа наблюдаемости) довольно скоро обнаружил свою деструктивную функцию в науке, поскольку с его позиций Мах выступал против идей атомистики, считая возможным исключить понятие атома из физической картины мира.

Эйнштейн, как и большинство естествоиспытателей, не принимал подобных выводов Маха. Он выделял в философии позитивизма лишь те моменты, которые могли быть использованы в процессе перестройки познавательных установок классического естествознания и выработки новых нормативов исследования. В качестве рационального элемента в критике Махом идеалов классического естествознания Эйнштейн выделил идею операционального контроля за основаниями теории. Но, в отличие от Маха, он отчленил исторически преходящее содержание идеалов классического естествознания от включенных в эти идеалы характеристик, которые выражали специфику науки и выделяли ее среди других форм познавательной деятельности (объективность, системность и обоснованность научного знания, интенция теоретического исследования на воспроизведение закономерностей исследуемой реальности). Поэтому операциональный контроль за фундаментальными теоретическими понятиями в трактовке Эйнштейна предстал как одно из условий объективности теории, как метод, обеспечивающий адекватный выбор ее понятий и принципов и воспроизведение в теории сущностных характеристик исследуемой реальности.

В свете сказанного нам представляется упрощенным мнение Холтона, что Эйнштейн в ранний период своего творчества (включая стадию создания СТО) стоял на “почве позитивизма” и лишь в период построения ОТО начал отходить от концепций Маха и все радикальнее критиковать позитивистскую методологию [18].

Правда, Холтон отмечает и те факты, которые противоречат его концепции, но считает их исключением из правила. Однако, на наш взгляд, эти факты столь существенны для характеристики эйнштейновской методологии, что их следует считать скорее правилом, чем исключением. Приводимые Холтоном выдержки из статьи “К электродинамике движущихся тел”, “Автобиографических заметок” и письма Эйнштейна к М.Гроссману от 14 апреля 1901 г. свидетельствуют, что Эйнштейн и в период построения СТО отнюдь не был “правоверным махистом”, а исходил из признания объективной реальности, не сводимой к физическим событиям (явлениям, обнаруженным в эксперименте), но включающей физические законы, которые “встроены в мир событий как скрытая структура, управляющая ходом событий” [19].

К этому можно добавить еще одно весьма важное свидетельство в пользу радикально иного (по сравнению с Махом) понимания Эйнштейном путей построения физической теории и идеалов ее обоснования. В “Автобиографических заметках” Эйнштейн подчеркивает, что в период, непосредственно предшествующий созданию СТО, он обратил внимание на метод построения классической термодинамики, в которой принципы сохранения энергии и возрастания энтропии вводились как эквивалентные утверждения о невозможности вечного двигателя первого и второго рода. Оценивая ситуацию, сложившуюся в электродинамике движущихся тел, Эйнштейн видел выход из возникших в ней трудностей в применении метода, аналогичного методу построения термодинамики, т. е. в нахождении обобщающего принципа, наподобие того, который “был дан в предложении: законы природы таковы, что построить вечный двигатель (первого и второго рода) невозможно” [20]. Здесь легко увидеть зародышевые формы того идеала обоснования теории и способа ее построения, который утвердился в современной физике и который предполагает, что фундаментальные онтологические постулаты теории должны вводиться коррелятивно схеме практики, позволяющей обнаружить фиксируемые в постулатах характеристики исследуемой реальности.

Эйнштейн шел к выработке этого идеала через отбор рациональных моментов, которые содержались в известных ему вариантах философской критики идеалов классического естествознания. Но сам этот отбор происходил с позиций философских установок, которые образовывали устойчивый базис

естественнонаучного исследования (с позиций убеждения в объективном существовании природы и ее законов и в способности теоретического исследования выразить эти законы) .

Именно эти аспекты философско-методологической ориентации Эйнштейна обеспечили успех его поиска нового идеала обоснования теории и выработку соответствующего этому идеалу норматива (адекватной интерпретации принципа наблюдаемости). Этот принцип был тесно связан в творчестве Эйнштейна с другим принципом, ставшим в науке XX века важнейшим методологическим регулятивом — принципом инвариантности.

Инвариантностью в общем виде называют свойство системы сохранять некоторые существенные для нее отношения при ее определенных преобразованиях. Преобразования (операции), осуществляемые над исследуемой системой познающим субъектом, выступают выражением связи субъекта и объекта посредством деятельности. В этом смысле принцип инвариантности, ориентирующий на выявление существенных отношений и связей, сохраняющихся при преобразованиях системы, предстает (так же, как и адекватно понятый принцип наблюдаемости) в качестве выражения неклассического подхода к познанию. Этот подход отказывается от идеи параллелизма между бытием и мышлением, которое полагалось в классическую эпоху условием адекватного постижения мира. Он базируется на альтернативной идее, что между разумом и познаваемыми объектами всегда существует особый посредник — человеческая деятельность, от развития средств и методов которой зависит характер выявленного и изначально познанного человеком в окружающем мире.

Тесная связь принципов наблюдаемости и инвариантности определена общей деятельностной установкой — выявлять закономерные связи и сущностные отношения через четкую фиксацию системы операций, в которых они проявляются.

Идеи инвариантности первоначально были развиты в математике, а затем получили распространение в других областях научного исследования. В 1982 г. известный математик Ф.Клейн сформулировал знаменитую “Эрлангенскую программу (Ф.Клейн работал в этот период в университете немецкого города Эрланген), нацеленную на построение обобщенной геометрии. В качестве стратегии исследования эта программа провозглашала поиск инвариантов в определенной группе преобразований математических объектов.

Успех метода инвариантов в математике стимулировал его трансляцию в другие науки. Пожалуй самое интересное состоит в том, что одной из первых его восприняла не естественнонаучная, а гуманитарная дисциплина — лингвистика.

В конце XIX столетия так называемый лингвистический авангард (Бодуэн де Куртел, Н.Крушевский, Ф.де Соссюр) отстаивал видение языка как целостной и вариативной системы и сосредоточил усилия на поиске инвариантных сущностей в языковых вариациях[21]. Одной из первых работ, реализовавших этот принцип, было исследование швейцарского лингвиста Й.Винтеллера. Он рассматривал язык как систему элементов, в которой следует различать вариативные и инвариантные (устойчивые) свойства. Метод поиска в языке существенных характеристик через обнаружение инвариантов, сохраняющихся в системе его вариативных свойств, Винтеллер называл принципом “конфигурационной относительности”[22].

Идеи Винтеллера оказали прямое влияние на творчество А.Эйнштейна. В его биографии существенную роль сыграл период обучения в Швейцарии, где молодой Эйнштейн познакомился с Винтеллером и посещал его семинары.

Позднее, когда Эйнштейн включился в решение проблем электродинамики движущихся тел, он использовал идеи инвариантности и в качестве базисного принципа построения теории.

Наблюдаемость и инвариантность определили новые черты идеала теории и ее онтологических постулатов. С позиций этого идеала в новом свете предстал и процесс формирования физической картины мира как дисциплинарной онтологии. Обоснование ее представлений теперь предполагало экспликацию соответствующих операциональных структур, в системе которых должны обнаруживаться фундаментальные сущностные характеристики природы.

Таким путем очерчивалась “сетка метода”, позволяющая обосновать вводимые в фундаментальных понятиях физики характеристики исследуемых объектов. Именно этот путь приводил к формированию СТО.

От методологических идей к теории и новой картине мира

Первым шагом на пути к специальной теории относительности была фиксация принципа относительности в качестве одного из важнейших операциональных оснований, коррелятивно которому должны вводиться в фундамент физического познания те или иные онтологические представления.

Такая трактовка принципа относительности была намечена еще Пуанкаре, но в наиболее отчетливой форме она выражена в работах Эйнштейна.

Принцип относительности рассматривался Эйнштейном в двух аспектах.

Первый аспект рассмотрения принципа относительности характеризует его как методологический регулятив теоретического описания реальности. На языке такого описания физическая лаборатория, движущаяся равномерно и прямолинейно, обозначается как инерциальная система отсчета, и “согласно принципу относительности законы природы не зависят от движения системы отсчета”^[23]. При теоретическом описании в физике используется язык математики. На этом языке система отсчета характеризуется как система координат, а законы природы выражаются в форме уравнений, в которых определенным образом связаны физические величины. Независимость законов природы от движения системы отсчета может быть сформулирована как требование ковариантности соответствующих уравнений относительно преобразования систем координат (при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой).

Второй аспект представлял принцип относительности в качестве глубинного постулата экспериментально-измерительной деятельности. В этом аспекте формулировка принципа относительности утверждает, что физические процессы протекают одинаково во всех лабораториях, движущихся равномерно и прямолинейно, а поэтому никакими экспериментами внутри физической лаборатории нельзя обнаружить ее инерциального движения.

Само существование физики как науки предполагает воспроизводимость экспериментов и измерений. Эта презумпция физического исследования конкретизируется не только посредством принципов воспроизводимости экспериментов в разных “точках” пространства и в различные “моменты” времени (на что указывалось выше), но и посредством принципов, фиксирующих влияние движения лаборатории на протекание физических процессов.

Физические лаборатории всегда связаны с движущимися телами, и проблема воспроизводимости экспериментов и измерений требует учета этого обстоятельства. Если существуют ситуации, когда движение лаборатории вносит возмущения в протекание процесса, то необходим способ учета этих возмущающих воздействий. Для этого следует выделить некоторую эталонную ситуацию, в которой относительное движение двух лабораторий не изменит картины исследуемого процесса. Отклонения от данной ситуации уже можно рассматривать как возмущения, которые принципиально могут быть выявлены и учтены (фиксация и контроль за такими возмущениями возможны только тогда, когда известна ситуация, где последние отсутствуют). В классической физике с самого начала ее

формирования в качестве эталонной ситуации рассматривалось инерциальное движение.

Такой подход имеет довольно глубокие основания (хотя последние не всегда осознавались в классическом естествознании). Дело в том, что экспериментальное исследование физического процесса предполагает, что он должен быть получен в максимально “чистом” виде. А для этого необходимо изолировать лабораторию от внешних воздействий, которые могут накладываться на изучаемый процесс, искажая или затемняя его, либо компенсировать такие воздействия. В предельном случае, допуская полную изоляцию лаборатории от внешних воздействий, мы получаем идеализированную лабораторию, которая по определению является инерциальной системой отсчета (на нее не действуют внешние силы).

Экспериментально-измерительная деятельность физики предполагает, что всегда возможно отыскать ситуацию, когда движение реальной лаборатории может с определенным допуском считаться инерциальным. В каждой такой (локально-инерциальной) лаборатории при прочих равных условиях все процессы будут протекать одинаково (никакими экспериментами внутри лаборатории нельзя обнаружить ее относительного движения), а поэтому результаты экспериментов будут воспроизводимы. Поскольку процессы природы протекают в соответствии с объективными законами, то возможность воспроизведения одного и того же процесса в различных инерциально движущихся лабораториях означает, что законы природы не зависят от инерциального движения системы отсчета.

Принцип относительности как раз и выражает это содержание и, таким образом, предстает как формулировка весьма важных допущений, которые лежат в фундаменте экспериментально-измерительных процедур физики. Посредством этих допущений конкретизируются глубинные постулаты (презумпции) физического исследования: воспроизводимости физического опыта, его подчиненности законам природы и возможности сепарировать проявления законов путем различных экспериментов.

Формулировка принципа относительности как регулятива теоретического исследования (требование ковариантности уравнений) выступает (в качестве идеи инвариантности, выражающей операциональный смысл принципа применительно к особенностям теоретического описания законов природы. Именно такое понимание принципа относительности, при котором он выступает в качестве выражения фундаментальных особенностей метода физического исследования, обеспечивающего адекватность познания его объектов, было характерно для эйнштейновского подхода к анализу физических проблем[24].

Интерпретируя принцип относительности как важнейший компонент схемы метода, посредством которого выявляются характеристики физического мира, Эйнштейн формулирует проблему онтологических постулатов физики в необычном с классической точки зрения виде: он ставит вопрос, как будет выглядеть физическая реальность (какова будет физическая картина мира), если принцип относительности распространяется на описание любых взаимодействий (в том числе и электромагнитных)[25].

Реализуя эту программу, Эйнштейн проанализировал онтологические постулаты физики конца XIX века, составляющие электродинамическую картину мира. Это был второй шаг на пути к специальной теории относительности.

В процессе анализа обнаружилось, что постулат о существовании мирового эфира, заполняющего абсолютное пространство, несовместим с принципом относительности, поскольку он приводит к неодинаковому описанию электромагнитных процессов в различных инерциальных системах отсчета. Это означало, что мировой эфир принципиально ненаблюдаемый объект, так как он не укладывался в схему экспериментально-измерительных процедур физики.

Подчеркнем особо это важное обстоятельство. Элиминация из физической картины мира представлений о мировом эфире как о субстанции, передающей электромагнитные взаимодействия, обычно связывается с результатами опытов Майкельсона, Физо и др., не обнаруживших движения Земли относительно эфира. В своих многочисленных изложениях СТО Эйнштейн также использует эту аргументацию. Но в первой своей работе “К электродинамике движущихся тел”, содержащей изложение всех основных идей новой теории, Эйнштейн лишь вскользь говорит о неудавшихся попытках “обнаружить движение Земли” относительно “светоносной среды”, но не упоминает опыта Майкельсона[26]. Более того, он отмечал в одном из своих писем, что при построении СТО опыт Майкельсона не сыграл решающей роли (это обстоятельство тщательно проанализировал Холтон, и его анализ подтвердил справедливость отмеченного утверждения Эйнштейна[27]).

В рамках предлагаемой нами реконструкции логики становления специальной теории относительности указанное обстоятельство находит свое естественное объяснение. Чтобы квалифицировать постулат о мировом эфире как не соответствующий принципу наблюдаемости, ссылки на результаты конкретных опытов, типа опыта Майкельсона, были необязательны (хотя сами эти опыты могли выступить в качестве подтверждения ненаблюдаемости эфира). Важно, чтобы была выявлена структура экспериментально-измерительной практики и показано, что в ней не может быть принципиально зафиксирован такой гипотетический объект, как мировой эфир. Принцип относительности как раз и характеризовал весьма существенные аспекты этой структуры. Поэтому противоречие постулатов картины мира принципу относительности означало, что данные постулаты не имеют операционального обоснования и должны быть пересмотрены.

В эйнштейновском анализе принцип наблюдаемости и принцип относительности выступали не как внеположенные, а как связанные между собой. Первый из них задавал общую стратегию исследования, ориентируя на выявление и элиминацию из картины мира тех абстракций, которые не соответствуют постулатам измерения, второй — конкретизировал эту стратегию. Будучи истолкован как постулат измерения, он выступал в качестве одного из конкретных критериев наблюдаемости объектов, вводимых в картину мира.

С этих позиций Эйнштейн критиковал не только представление об эфире, но и постулат о существовании абсолютного пространства и времени. Последний выделял лабораторию, покоящуюся относительно абсолютного пространства, в качестве привилегированной системы отсчета, отличной от движущихся лабораторий.

Знаменитая статья “К электродинамике движущихся тел” начинается с указания на то, что такого рода подход, основанный на представлении об “абсолютном покоящемся пространстве”, порождает асимметрию в описании электродинамических явлений, которая самим явлениям не присуща. Отмечая, что такая асимметрия противоречит принципу относительности, Эйнштейн лишь после этого указывает на неудавшиеся попытки экспериментально обнаружить движение Земли относительно эфира, интерпретируя эти факты как подтверждение несостоятельности концепции абсолютного пространства[28]. Главным же стимулом к пересмотру этой концепции было желание устранить ее несоответствие принципу относительности.

Таким образом, новые идеалы обоснования теории и соответствующие им новые нормативы физического исследования (принцип наблюдаемости и конкретизирующий его принцип относительности) целенаправляли перестройку физической картины мира и стимулировали построение новой фундаментальной физической теории.

После того как были выявлены “слабые точки” электродинамической картины мира, возникли новые проблемы. Элиминация представлений об эфире и абсолютном пространстве разрушала прежнюю картину физической реальности, на которую опиралось ядро электродинамики Максвелла—Лоренца. Поэтому требовалось установить, как это скажется на электродинамике движущихся тел. Не приведет ли изменение признаков эфира, абсолютного пространства и абсолютного времени к разрушению конструкторов теоретической схемы, лежащей в фундаменте классической электродинамики (векторов электрического и магнитного полей, вектора плотности заряда-тока, инерциальной системы отсчета), поскольку признаки этих конструкторов связывались с признаками объектов электродинамической картины мира.

Такого рода анализ лежал в основе формулировки второго (после принципа относительности) фундаментального принципа СТО — постулата постоянства скорости света.

Эфир в теории Лоренца включал важное физическое свойство: независимо от того, движется или покоится тело, излучающее свет, световой луч распространяется в системе, покоящейся относительно эфира, с универсальной скоростью c [29]. Чтобы элиминация эфира не разрушила классической электродинамики, требовалось постулировать, что существует система отсчета, в которой каждый световой луч распространяется в пустоте с универсальной скоростью c независимо от движения источника. Но поскольку, согласно принципу относительности, все инерциальные системы отсчета физически эквивалентны, то отсюда следовало, что принцип постоянства скорости света справедлив для любой системы отсчета [30], и это позволяло придать ему статус фундаментального постулата теории. Данный постулат включал специфическое содержание и в этом смысле был независим от принципа относительности. Последний, однако, позволял обосновать универсальность постулата о постоянстве скорости света, что явилось третьим важным шагом в формировании СТО.

Четвертый же, решающий шаг состоял в анализе измерительных процедур, посредством которых обосновывались свойства пространства и времени. В соответствии с идеалом операционального обоснования постулатов теории Эйнштейн тщательно проанализировал процедуры измерения пространственных и временных интервалов. Он выявил схему этих процедур, показав, что в их основе лежат операции с жесткими стержнями инерциальной системы отсчета и ее часами, синхронизированными с помощью световых сигналов [31]. Роль этих процедур в построении теории относительности достаточно полно проанализирована в методологической и историко-физической литературе. Однако не всегда подчеркивается то важное обстоятельство, что Эйнштейн из анализа схемы измерения временных и пространственных интервалов получил преобразования Лоренца (этот вывод содержится в работе Эйнштейна “К электродинамике движущихся тел”).

Такой вывод придавал преобразованиям Лоренца и их следствиям реальный физический смысл. Поскольку характеристики пространственных и временных интервалов, вытекающие из преобразований Лоренца, обосновывались схемой измерений, которая выявляла реальные пространственно-временные свойства и отношения природных объектов, постольку эти характеристики следовало считать отражением признаков пространства-времени самой природы.

На этом ключевом моменте построения теории относительности следует остановиться особо. В 60—80 годах в методологической и историко-научной литературе активно дискутировался вопрос о том, можно ли считать создателем теории относительности только А. Эйнштейна, или же ее следует считать созданной по меньшей мере Г. Лоренцем, А. Пуанкаре и А. Эйнштейном. Споры по этому

вопросу по сей день ведутся историками науки. Действительно, при анализе работ Лоренца и Пуанкаре можно установить, что основное математическое содержание теории — преобразование пространственно-временных координат, обеспечивающих ковариантность законов как механики, так и электродинамики, были получены именно Лоренцем. Далее, Пуанкаре был первым, кто четко сформулировал принцип относительности для инерциального движения[32], высказал идею об относительности пространственного местоположения и об относительности одновременности[33]. В его же работах был также сформулирован в качестве основополагающего принципа измерения скорости принцип постоянства скорости света.

Таким образом получается, что аксиоматическая база теории относительности была создана до и независимо от творчества Эйнштейна. Как подчеркивает А.А.Тяпкин в своей статье, которая выступает послесловием к составленному им сборнику работ по специальной теории относительности “Принцип относительности” (1973), “крупнейшим математиком того времени Пуанкаре был сделан решающий вклад в открытие именно физических принципов построения релятивистской теории”[34]. Со всем этим можно было бы согласиться, если бы отнюдь не маленькое “но”. А именно, любые гипотезы и общие обоснования основных постулатов еще не дают теории, а из аксиом чисто дедуктивно не выводится ее основное содержание. Можно допустить, что Пуанкаре был действительно близок к созданию специальной теории относительности, но тем не менее он не сделал последнего и, наверное, самого главного шага. Он не доказал, что следствие из преобразований Лоренца об относительности пространственных и временных интервалов и сами преобразования Лоренца имеют реальный физический смысл, что это характеристики не фиктивного, а реального физического пространства и времени. В работах Пуанкаре отсутствует обоснование эмпирической интерпретации преобразований Лоренца, вне которой его гипотетические идеи относительно их возможной семантической интерпретации оставались только гипотетическими идеями и не более.

Мало обоснованными являются также утверждения, что соавтором теории относительности можно считать Лоренца. Спор о том, знал или не знал Эйнштейн статью Лоренца 1904 года, в которой были опубликованы новые преобразования пространственно-временных координат, не меняет дело. Главное в том, что Лоренц рассматривал свои преобразования как математическую форму, которая не требует радикального изменения классических представлений о пространстве и времени, а сохраняет их. “Местное время” у Лоренца — фиктивное, а не реальное физическое время. И то, что Лоренц полагал фиктивным пространством и временем, у Эйнштейна предстало как реальное физическое пространство и время, поскольку оно выводилось в качестве следствия из анализа идеализированных измерений, аккумулирующих существенные черты реального физического опыта.

Если все эти познавательные процедуры описать в терминах современного методологического анализа, то можно сказать, что Эйнштейн осуществил операцию конструктивного обоснования новых гипотетических свойств пространственно-временных интервалов, свойств, которые следовали из преобразования Лоренца. И эту операцию, которая связывала соответствующие величины с опытом и тем самым вводила преобразование Лоренца в качестве имеющих эмпирическую интерпретацию — эту познавательную процедуру осуществил именно Эйнштейн. И это было как раз то самое недостающее звено, которое связывало отдельные мозаичные предположения, принципы и математические выражения в целостную систему новой физической теории. Только после того как преобразования Лоренца получили связь с опытом, можно было полагать физически корректными все основные следствия из них (закон сложения скоростей, закон изменения массы с

изменением скорости, связь массы и энергии и т.п.). И эти следствия также вывел и обосновал А. Эйнштейн.

Потому его имя с полным правом фигурирует как имя создателя специальной теории относительности. Дж.Холтон совершенно справедливо отмечает, что “статья Лоренца в сущности не трактует теорию относительности так, как мы понимаем ее после Эйнштейна”.

Таким образом, решающий шаг, который определил создание теории, сделал только Эйнштейн, и не сделали его современники, размышлявшие над проблемами электродинамики движущихся тел. Именно Эйнштейн вывел преобразование Лоренца не из требований ковариантности уравнений, а на основе анализа локальной процедуры синхронизации часов. Пуанкаре отмечал важность такой процедуры, но не показал, как можно вывести отсюда преобразование Лоренца.

В методологическом отношении особо важно подчеркнуть, что подход Эйнштейна к обоснованию гипотез, связанных с новыми пространственно-временными преобразованиями был тем самым методом, который фиксировал своеобразный водораздел между классическим и неклассическим построением физической теории.

В явной форме процедура конструктивной проверки новых абстрактных объектов, возникающих на стадии гипотезы стала применяться только в неклассических исследованиях.

Ее можно обнаружить, например, в истории квантовой механики, когда знаменитые соотношения неопределенности, в принципе выводимые в качестве следствия из применяемых в математическом аппарате теории перестановочных соотношений, Гейзенберг получает на основе знаменитого мысленного эксперимента по наблюдению за положением электронов с помощью идеального микроскопа (Гейзенберг показал, что взаимодействие электрона с квантом света не позволяет одновременно со сколь угодно большой точностью установить его координату и импульс). Та же стратегия лежала и в основе процедур Бора — Розенфельда в квантовой электродинамике.

Только после того как величины и их основные признаки, вводимые “сверху” на основе математической гипотезы, получают подтверждение в системе мысленных экспериментов, аккумулирующих реальные особенности опыта, только после этого им можно приписывать реальный физический смысл. И тогда уже правомерно сопоставлять их новые свойства с конструктами физической картины мира и соответственно выносить вердикт относительно истинности тех или иных традиционных представлений о физической реальности. Собственно так и разворачивалась теория относительности после того как Эйнштейн ввел новую интерпретацию преобразований Лоренца. Из физической картины мира были элиминированы представления о мировом эфире и об абсолютном пространстве и времени. Они были заменены релятивистскими представлениями. Правда, здесь еще не было целостного образа пространства-времени, но переход к нему уже обозначился. И хотя новое понимание пространства и времени, включенное в физическую

картину мира, противоречило стереотипам обыденного здравого смысла, оно довольно быстро обрело признание в научном сообществе и отрезонировало в других сферах культуры.

Европейская культура конца XIX — начала XX века всем своим предшествующим развитием оказалась подготовленной к восприятию новых идей, лежащих в русле неклассического типа рациональности. Можно указать не только на своеобразную переключку между идеями теории относительности Эйнштейна и концепциями “лингвистического авангарда” 70—80-х годов XIX века (Й. Винтелер и др.), но и на их резонанс с формированием новой художественной концепции мира в импрессионизме и постимпрессионизме, а также новыми для литературы последней трети XIX столетия способами описания и осмысления человеческих ситуаций (например, в творчестве Достоевского), когда сознание автора, его духовный мир и его мировоззренческая концепция не стоят над духовными мирами его героев, как бы со стороны, из абсолютной системы координат описывая их, а сосуществуют с этими мирами и вступают с ними в равноправный диалог [35].

Этот своеобразный резонанс идей, развиваемых в различных сферах культурного творчества в конце XIX — начале XX столетия, обнаруживал глубинные мировоззренческие основания, на которых вырастала новая неклассическая наука и в развитии которых она принимала активное участие. Новые мировоззренческие смыслы, постепенно укоренявшиеся в эту эпоху в культуре техногенной цивилизации, во многом обеспечивали онтологизацию тех необычных для здравого смысла представлений о пространстве и времени, которые были введены Эйнштейном в физическую картину мира.

Дальнейшее развитие этих представлений было связано с творчеством Г. Минковского, который разработал новую математическую форму специальной теории относительности и ввел в физическую картину мира целостный образ пространственно-временного континуума, характеризующегося абсолютностью пространственно-временных интервалов при относительности их разделения на пространственные и временные интервалы в каждой инерциальной системе отсчета.

Утверждение в физике новой картины исследуемой реальности сопровождалось дискуссиями философско-методологического характера, в ходе которых осмысливались и обосновывались новые представления о пространстве и времени и новые методы формирования теории. В процессе такого анализа уточнялись и развивались философские предпосылки, которые обеспечивали перестройку классических идеалов и норм исследования и электродинамической картины мира. Таким путем они превращались в философские основания релятивистской физики, во многом способствуя ее интеграции в ткань современной культуры.

Таким образом, перестройка оснований науки не является актом внезапной смены парадигмы (как это считает Т. Кун), а представляет собой процесс, который начинается задолго до непосредственного преобразования норм исследования и научной картины мира. Начальной фазой этого процесса является философское осмысление тенденций научного развития, рефлексия над основаниями культуры и

движение в поле собственно философских проблем, позволяющее философии наметить контуры будущих идеалов научного познания и выработать категориальные структуры, закладывающие фундамент для построения новых научных картин мира.

Все эти предпосылки и “эскизы” будущих оснований научного поиска конкретизируются и дорабатываются затем в процессе методологического анализа проблемных ситуаций науки. В ходе этого анализа уточняется обоснование новых идеалов науки и формируются соответствующие им нормативы, которые целенаправляют построение ядра новой теории и новой научной картины мира.

Однако и на этой стадии еще не завершается формирование новых оснований научного поиска. Реальная исследовательская практика может внести коррективы в предварительно выработанные методологические установки. Показательно, например, что идея операционального контроля за понятиями и принципами теории на первых порах понималась Эйнштейном скорее в духе классических представлений о путях теоретического исследования (когда принципы рассматриваются как результат непосредственного обобщения опыта). Но после того как СТО была построена, выяснилось, что такое понимание не является адекватным, поскольку при построении СТО уже имелась предварительно созданная математическая структура (преобразования Лоренца) и ее гипотетическая интерпретация (относительность пространственных и временных интервалов), которая высвечивала необходимую для своего обоснования область опыта и тем самым ориентировала на применение в теоретическом поиске соответствующих операциональных структур.

Рефлексия над уже построенной теорией, как правило, приводит к уточнению и развитию методологических установок, к более адекватному осмыслению новых идеалов и норм, запечатленных в соответствующих теоретических образцах. Поэтому перестройка оснований науки включает не только начальную, но и завершающую стадию становления новой фундаментальной теории, предполагая многократные переходы из сферы специально-научного в сферу философско-методологического анализа.

Научные революции и междисциплинарные взаимодействия

Научные революции возможны не только как результат внутридисциплинарного развития, когда в сферу исследования включаются новые типы объектов, освоение которых требует изменения оснований научной дисциплины. Они возможны также благодаря междисциплинарным взаимодействиям, основанным на “парадигмальных прививках” — переносе представлений специальной научной картины мира, а также идеалов и норм исследования из одной научной дисциплины в другую. Такие трансплантации способны вызвать преобразования оснований науки без обнаружения парадоксов и кризисных ситуаций, связанных с ее внутренним развитием. Новая картина исследуемой реальности (дисциплинарная онтология) и новые нормы исследования, возникающие в результате парадигмальных прививок, открывают иное, чем прежде поле научных проблем, стимулируют открытие явлений и законов, которые до “парадигмальной прививки” вообще не попадали в сферу научного поиска.

В принципе этот путь научных революций не был описан с достаточной глубиной ни Т.Куном, ни другими исследователями в западной философии науки.

Между тем он является ключевым для понимания процессов возникновения и развития многих научных дисциплин. Более того, вне учета особенностей этого пути, основанного на парадигмальных трансплантациях, нельзя понять той великой

научной революции, которая была связана с формированием дисциплинарно организованной науки.

Большинство наук, которые мы сегодня рассматриваем в качестве классических дисциплин, — биология, химия, технические и социальные науки, — имеют корни в глубокой древности. Историческое развитие знания накапливало факты об отдельных особенностях исследуемых в них объектах. Но систематизация фактов и их объяснение длительное время осуществлялись посредством натурфилософских схем.

После того как возникла первая теоретически оформленная область научного знания — физика, а механическая картина мира приобрела статус универсальной научной онтологии, начался особый этап истории наук. В большинстве из них предпринимались попытки применить для объяснения фактов принципы и идеи механической картины мира.

Механическая картина мира, хотя она и сформировалась в рамках физического исследования, в эту историческую эпоху функционировала и как естественнонаучная, и как общенаучная картина мира. Обоснованная философскими установками механистического материализма, она задавала ориентиры не только для физиков, но и для ученых, работающих в других областях научного познания. Неудивительно, что стратегии исследований в этих областях формировались под непосредственным воздействием идей механической картины мира.

Весьма показательным примером в этом отношении может служить развитие химии рассматриваемого исторического периода (XVII—XVIII вв.) [36].

В середине XVII столетия, когда химия еще не конституировалась в самостоятельную науку, она либо включалась в систему алхимических представлений, либо выступала в качестве набора знаний, подсобных для медицины. Начало становления химии как науки было во многом связано с внедрением в химию атомно-корпускулярных представлений. Во второй половине XVII века Р.Бойль выдвинул программу, которая транслировала в химию принципы и образцы объяснения, сформировавшиеся в механике. Бойль предлагал объяснить все химические явления, исходя из представлений о движении “малых частиц материи» (корпускул). На этом пути химия, по мнению Бойля, должна была отделить себя от алхимии и медицины и превратиться в самостоятельную науку. Исходя из универсальности действия законов механики, он заключил, что принципы механики должны быть “применимы и к скрытым процессам, происходящим между мельчайшими частицами тел” [37].

Функционирование механической картины мира как исследовательской программы прослеживается не только на материале взаимодействия химии и физики. Аналогичный механизм развития научных знаний может быть обнаружен и при анализе отношений между физикой и биологией на этапе дисциплинарного естествознания (XVII—XVIII вв.).

На первый взгляд биология не имела столь тесных контактов с физикой, как химия. Тем не менее механическая картина мира в ряде ситуаций оказывала довольно сильное влияние и на стратегию биологических исследований. Показательны в этом отношении исследования Ламарка, одного из основоположников идеи биологической эволюции.

Пытаясь найти естественные причины развития организмов, Ламарк во многом руководствовался принципами объяснения, заимствованными из механики. Он опирался на сложившийся в XVIII столетии вариант механической картины мира, включавшей идею “невесомых” как носителей различных типов сил, и полагал, что именно невесомые флюиды являются источником органических движений и изменения в архитектонике живых существ.

Природа, по Ламарку, является ареной постоянного движения, перемещения и циркуляции бесчисленного множества флюидов, среди которых электрический флюид и теплород являются главными “возбудителями жизни”[38].

Развитие жизни, с его точки зрения, представало как “нарастающее влияние движения флюидов”, которое выступало причиной усложнения организмов. “Кто не увидит, — писал он, — что именно в этом проявляется исторический ход явлений организации, наблюдаемой у рассматриваемых животных, кто не увидит его в этом возрастающем усложнении их в общем ряде при переходе от более простого к более сложному”[39]. Именно обмен флюидами между окружающей средой и организмами, возрастание этого обмена при усилении функционирования органов приводило к изменению последних. Приспособление организмов к условиям обитания, по Ламарку, усиливает функционирование одних органов и ослабляет функционирование других. Соответствующий обмен флюидами со средой вызывает при этом мелкие изменения в каждом органе. В свою очередь, такие изменения наследуются, что, согласно Ламарку, может привести при длительном накоплении изменений к довольно сильной перестройке органов и появлению новых видов.

Как видим, объяснение, которое использовал Ламарк, во многом было инициировано принципами, транслированными из механической картины мира.

Функционирование механической картины мира в качестве общенаучной исследовательской программы проявилось не только при изучении различных процессов природы, но и по отношению к знаниям о человеке и обществе, которые пыталась сформировать наука XVIII столетия. Конечно, рассмотрение социальных объектов в качестве простых механических систем представляло собой огромное упрощение. Эти объекты принадлежат к классу сложных, развивающихся систем, с включенными в них человеком и его сознанием. Они требуют особых методов своего исследования. Однако, чтобы выработать такие методы, наука должна была пройти длительный путь развития. В XVIII веке для этого еще не было объективных предпосылок. Научный подход в эту эпоху отождествлялся с теми его образцами, которые реализовались в механике, а поэтому естественным казалось построение науки о человеке и обществе в качестве своего рода социальной механики на основе применения принципов механической картины мира.

Весьма характерным примером такого подхода были размышления Ламетри и Гольбаха о природе человека и общества.

Опираясь на идеи, развитые в механической картине мира, Ламетри и Гольбах активно использовали механические аналогии при объяснении социальных явлений и обсуждении проблем человека как природного и социального существа.

Рассматривая человека прежде всего как часть природы, как особое природное тело, Ламетри представлял его в качестве особого рода механической системы. Он писал, что человек может быть представлен как “часовой механизм”, но огромных размеров и построенный с таким искусством и изощренностью, что если остановится колесо, при помощи которого в нем отмеряются секунды, то колесо, обозначающее минуты, будет вращаться и идти как ни в чем не бывало. Таким же образом засорения нескольких сосудов недостаточно для того, чтобы уничтожить или прекратить действие рычага всех движений, находящегося в сердце, которое является рабочей частью человеческой машины...[40].

Ламетри отмечает далее, что “человеческое тело — это заводящая сама себя машина, основное олицетворение непрерывного движения”[41]. Вместе с тем, он отмечал особенности этой машины и ее сложность по сравнению с техническими устройствами, изучаемыми в механике. “Человека, — писал он, — можно считать весьма просвещенной машиной и настолько сложной машиной, что совершенно невозможно составить о ней ясную идею, а следовательно, дать точное определение”[42].

Солидаризируясь с Ламетри в понимании человека как машины[43], Гольбах акцентировал внимание на идеях универсальности механических законов, полагая возможным описать с их помощью человеческое общество.

Для него человек есть продукт природы, подчиняющийся, с одной стороны, общим законам природы, а с другой — специальным законам[44].

Специфической особенностью человека, по Гольбаху, является его стремление к самосохранению. При этом “человек сопротивляется разрушению, испытывает силу инерции, тяготеет к самому себе, притягивается сходными с ним объектами и отталкивается противоположными ему... Все, что он делает и что происходит в нем, является следствием силы инерции, тяготения к самому себе, силы притяжения и отталкивания, стремления к самосохранению, одним словом, энергии, общей ему со всеми наблюдаемыми существами”[45].

Когда Ламетри и Гольбах используют понятия машины, силы, инерции, притяжения, отталкивания для характеристики человека, то здесь отчетливо прослеживается язык механической картины мира, которая длительное время определяла стратегию исследования природы, человека и общества. Эту стратегию можно довольно легко обнаружить и на более поздних этапах развития знания, например, в социальных концепциях А.Сен-Симона и Ш.Фурье. В работе “Труд о всемирном тяготении” Сен-Симон отмечал, что “прогресс человеческого ума дошел до того, что наиболее важные рассуждения о политике могут и должны быть непосредственно выведены из познаний, приобретенных в высших науках и в области физики”[46].

По мнению Сен-Симона, закон всемирного тяготения должен стать основой новой философии, которая в свою очередь может стать фундаментом новой политической науки. “Сила ученых Европы, — писал он, — объединенных в общую корпорацию и имеющих своей связью философию, основанную на идее тяготения, будет неизмерима”[47].

Сен-Симон полагал, что идеи тяготения могут стать той основой, на базе которой может быть построена такая наука, как история. Он констатировал, что “пока еще она представляет собой лишь собрание фактов, более или менее точно установленных, но в будущем должна стать наукой, а поскольку единственной наукой является классическая механика, то по своему строению история должна будет приблизиться к небесной механике”[48].

Сходные идеи можно найти в творчестве Ш.Фурье, который полагал, что принципы и подходы механики позволяют раскрыть законы социального движения. Он писал о существовании двух типов законов, которым подчиняется мир. Первый из них — это закон материального притяжения, приоритет открытия которого принадлежит Ньютону. Считая себя продолжателем ньютоновских идей и распространяя учение о тяготении на социальную жизнь, Фурье полагал, что можно говорить о втором типе законов, которым подчиняется социальное движение. Их Фурье обозначал как законы притяжения по страсти, которая в концепции Фурье занимала центральное место, выступая определяющим свойством природы человека[49].

По существу здесь проводится своего рода аналогия между существованием тяготения природных тел и тяготением людей друг к другу. И делается это во многом благодаря тому, что сам человек рассматривается как часть природы, хотя и имеющий некоторые отличия от других объектов природы, но все же подчиняющийся общим принципам движения, сформулированным в механике. Идея общей механики природы и человеческих отношений во многом была инициирована механической картиной мира, которая доминировала в науке XVIII столетия и отчасти сохранила эти свои позиции в начале XIX века.

Влияние идей механической картины мира было столь значимым, что оно определяло не только стратегию развития научных знаний, но и оказывало воздействие на политическую практику. Идея мира как упорядоченной механической системы “явно довлела над умами творцов американской конституции, разработавших структуру государственной машины, все звенья которой должны были действовать с безотказностью и точностью часового механизма”[\[50\]](#).

Все это свидетельствует об особом статусе механической картины мира в культуре техногенных обществ эпохи раннего индустриализма. Механицизм был одним из важных истоков формирования соответствующих мировоззренческих структур, укоренившихся в культуре и влияющих на самые различные сферы функционирования общественного сознания.

В свою очередь, распространение механистического мировоззрения подкрепляло убеждение в том, что принципы механической картины мира являются универсальным средством познания любых объектов.

Таким образом, можно обозначить важную особенность функционирования механической картины мира в качестве фундаментальной исследовательской программы науки XVIII века — синтез знаний, осуществляемый в ее рамках, был связан с редукцией различного рода процессов и явлений к механическим. Правомерность этой редукции обосновывалась всей системой философско-мировоззренческих оснований науки, в которых идеи механицизма играли доминирующую роль.

Однако по мере экспансии механической картины мира во все новые предметные области наука все чаще сталкивалась с необходимостью учитывать особенности этих областей, требующих новых, немеханических представлений. Накапливались факты, которые все труднее было согласовывать с принципами механической картины мира.

К концу XVIII — началу XIX века стала складываться новая ситуация, приведшая к становлению дисциплинарного естествознания, в рамках которого научная картина мира приобретала особые характеристики и функциональные признаки. Это была революция в науке, связанная с перестройкой ее оснований, появлением новых форм ее институциональной организации и ее новых функций в динамике социальной жизни.

Историю химии, биологии, технических и социальных наук этого исторического периода нельзя понять, если не учитывать “парадигмальных прививок”, которые были связаны с экспансией механической картины мира на новые предметные области.

Проследим конкретные черты этого процесса. Как уже отмечалось, первые попытки применить представления и принципы механики в химии были связаны с программой Р.Бойля. Анализ ее исторических судеб свидетельствует, что его стремление объяснить химические явления, исходя из представлений о движении “малых частиц материи” (корпускул), потребовали учета специфики химических процессов. Под давлением накопленных фактов о химических взаимодействиях Бойль вынужден был модифицировать переносимые в химию идеи механической картины мира, в результате чего начала постепенно выкристаллизовываться специфическая для химии картина исследуемых процессов.

Первичные корпускулы, по Бойлю, должны рассматриваться в качестве элементов, замещающих прежние аристотелевские и алхимические элементы. Опираясь на факты, свидетельствовавшие о том, что изменение веществ позволяет как превращать одни вещества в другие, так и восстанавливать некоторые из них в первоначальном виде, Бойль заключил, что элементарные корпускулы, определяя свойства соответствующих сложных веществ, должны сохраняться в реакциях[\[51\]](#).

Эти корпускулы выступают как качественно отличные друг от друга элементы, из которых образуются химические соединения и смеси.

Здесь с достаточной очевидностью прослеживается, что картина химических процессов, начертанная Бойлем, хотя и согласовывалась с механической картиной мира, но включала в себя и специфические черты. В зародышевой форме она содержала представление о химических элементах как о корпускулах, обладающих индивидуальностью, которые, будучи физическими частицами, вместе с тем являлись носителями свойств, позволяющих им образовывать в своих соединениях различные виды химических веществ[52].

В механике этими свойствами можно было пренебречь, рассматривая корпускулы только как массы, подверженные действию сил, но в химии свойства корпускул, делающие их химическими элементами, должны стать главным предметом изучения.

В механической картине мира (если взять ее развитые формы) наряду с элементарными объектами — корпускулами — выделялись типы построенных из них тел — жидкие, твердые, газообразные. В картине же химической реальности, предложенной Бойлем, типология химических веществ не редуцировалась полностью к типологии физических объектов: наряду с различием жидких, твердых и газообразных (летучих) веществ выделялись два класса сложных химических объектов — соединения и смеси — и предполагалось, что внутри каждого из них существуют особые подклассы. Эти представления у Бойля были даны в неразвитой и во многом гипотетической форме, поскольку конкретные эмпирически фиксируемые признаки, по которым смеси отличались бы от соединений, еще не были определены. “Еще долгое время сложный вопрос о том, что такое химическая смесь и что такое соединение, каковы их природа, свойства и отличия, породил разнохарактерные и противоречивые суждения”[53].

Программа Бойля предлагала эту картину в качестве основания для экспериментальной и теоретической работы в химии. В основных чертах она предвосхитила последующие открытия Дальтона, хотя в XVII века для ее реализации еще не было достаточно условий.

Во времена Бойля химия не располагала экспериментальными возможностями для определения того, какие вещества являются элементами, а какие таковыми не являются[54]. Бойлем не было выработано и понятие атомного веса, как такой характеристики, которая позволяла бы экспериментально отличить их друг от друга[55].

Однако несмотря на то, что программа Бойля не была реализована, для методологического анализа она служит хорошим примером, позволяющим установить особенности переноса принципов (в данном контексте принципов механической картины мира) из одной науки в другую. На примере этой программы видно, что трансляция в химию нормативных принципов, закрепленных в механической картине мира (типа нормативных принципов: все тела состоят из корпускул, и все явления можно объяснить взаимодействием неделимых корпускул, подчиняющихся механическим законам), не устраняла особенностей химического исследования. Более того, чтобы принципы механики были применены в новой области, их нужно было изложить особым образом, учитывая специфику изучаемых в химии объектов. А это приводило уже к построению особой картины исследуемой реальности (в данном случае — картины химической реальности), руководствуясь которой исследователь мог обнаружить в опыте и объяснить химические явления.

Обращение к материалу истории науки позволяет утверждать, что становление большинства новых дисциплин связано как с внутридисциплинарным развитием знания, так и с трансляцией нормативных принципов из одной науки в другую. В этом смысле программа Бойля может быть оценена как попытка осуществить

революционные преобразования в химии путем трансплантации в нее познавательных установок и принципов, заимствованных из механической картины мира.

Неудача этой попытки была связано прежде всего с тем, что картина химической реальности, предложенная Бойлем, не включала таких признаков ее ключевого объекта (химический элемент), которые могли бы получить экспериментальное обоснование и стимулировать новые направления исследований в химии. В этой картине отсутствовали также экспериментально проверяемые признаки, в соответствии с которыми можно было бы четко различать основные типы химических объектов (элемент, соединение, смесь).

Через полтора столетия, когда химия накопила соответствующие знания, она повторила попытку Бойля в более удачном варианте.

Процесс перестройки оснований химии в XVIII—XIX веках также был обусловлен не только внутренними факторами ее развития (взаимодействием теории и опыта). Решающую роль здесь по-прежнему играла механическая картина мира, господствовавшая в данный период. Она вводила в качестве универсальной схемы объяснения физических явлений представление о взаимодействии материальных корпускул (тел) посредством различных типов сил. По аналогии с этим подходом в химии стало утверждаться представление о “силах химического сродства”^[56], которые определяли взаимодействие химических элементов. Это представление было включено в картину химической реальности сначала на правах гипотезы, а затем, в работах Лавуазье, уже в качестве обоснованного опытом положения.

Как отмечал Лавуазье, “быть может однажды точность имеющихся данных будет доведена до такой степени, что геометр сможет рассчитывать в своем кабинете явления, сопровождающие любое химическое соединение тем же, так сказать, способом, каким он рассчитывает движение небесных тел. Взгляды, имеющиеся на этот счет у г.Лапласа, и эксперименты, которые мы запроектировали на основе его идей, чтобы выразить силы сродства различных тел, уже позволяют не рассматривать эту надежду как некую химеру”^[57].

Сам Лавуазье даже построил таблицу сродства кислорода по отношению к другим веществам и высказал предположение о возможности количественного измерения сродства^[58].

Особое внимание в его работах уделено разработке представлений об основных объектах — элементах. Он предложил связать с названием элементов представление о последнем пределе, достигаемом анализом. В этом отношении все вещества, которые, по его мнению, при современном состоянии знаний нельзя разложить, являются элементами. “До тех пор пока не появятся средства их разделения и опыт не докажет нам обратное, — отмечал Лавуазье, — мы не можем считать их сложными”^[59].

Классифицируя простые элементы, Лавуазье, с одной стороны, включал в их состав явно гипотетические субстанции (как, например, теплород), с другой же стороны, он гениально предвидел, что ряд кажущихся простыми тел в скором будущем не будет причислен к простым веществам (такие как земля).

Разработка Лавуазье новых представлений об элементах явилась решающим “сдвигом проблемы” в формировании научной картины химической реальности. Полученные им результаты оказались существенными для доказательства закона сохранения вещества (1789), позволившего количественно изучить химические реакции. Они оказали влияние на исследования Дальтона, завершившего начатую Лавуазье программу формирования новой системы принципов химии, которые согласовывались с господствующими физическими идеями и опирались на химические эксперименты. Работы Дальтона и его последователей привели к построению картины химической реальности, в которой химические элементы были

представлены в качестве атомов, различающихся формой и атомным весом. Последняя характеристика позволила объяснить не только экспериментально наблюдаемые явления, но и многие открытые в этот период и подтверждаемые опытом законы (например, открытые Рихтером, Прустом и Далтоном стехиометрические законы).

Исследователи творчества Дальтона справедливо отмечают, что к формированию стехиометрических законов Дальтон пришел, опираясь на атомистическую гипотезу, с позиций которой он обобщил опытные факты. Эта гипотеза имела предпосылки в философских атомистических учениях, но непосредственным ее источником была ньютоновская атомистика, представления механической картины мира о неделимых и неуничтожимых корпускулах.

Атомистическая картина Дальтона в процессе ее развития (в котором решающую роль сыграли работы А.Авогадро и Ш.Жерара) была обогащена представлениями о молекулах как о единой системе атомов, а также представлениями о химических процессах как взаимодействии молекул, при котором они обмениваются атомами. В свою очередь представления об атомно-молекулярном строении вещества под влиянием успехов химии начали оказывать обратное воздействие на физические исследования. Характерно, что разработка молекулярно-кинетической теории теплоты, пришедшей на смену теории теплорода, во многом опиралась на представление, что вещество построено из движущихся молекул.

Р.Клаузиус в одной из своих первых работ по кинетической теории газов (1857) создал математическую модель теплового движения частиц газов, предпослав ей изложение идей о молекулярном строении вещества. Показательно, что в этом изложении он выделял кроме поступательного также вращательное и внутримолекулярное колебательное движение^[60], упоминание о котором, в свою очередь, имеет смысл лишь постольку, поскольку молекула заранее представляется сложной и построенной из атомов (представление, которое вошло в научную картину мира под влиянием развития химии). Не менее показательно, что в работе А.Кренига (1856), которая предшествовала исследованиям Клаузиуса и с которой начинается цикл исследований, приведший к построению молекулярно-кинетической теории теплоты, ключевым моментом обоснования гипотезы о теплоте как кинетическом движении молекул, является вывод закона Авогадро. Этот закон, полученный в 1811 г., был к этому времени настолько забыт в физике, что в физических словарях имя Авогадро даже не упоминалось^[61]. Но в химии закон Авогадро был не только известен, но и сыграл решающую роль в развитии атомно-молекулярных концепций. Именно из химии он был вторично транслирован в физику и активно использован в ней при построении молекулярно-кинетической теории теплоты.

Таким образом, можно утверждать, что при трансляции принципов механической картины мира в химию, они не просто трансплантировались в “тело” химической науки, задавая собственно механическое видение химических объектов, но сопоставлялись с теми признаками, которые были присущи объектам, исследуемым в химии, что стимулировало становление химии как науки с ее специфической предметной составляющей и формирование в ней особой, уже несводимой к механической, картины исследуемой реальности. И хотя исследователи все еще размышляли о преобразовании химии в отдел прикладной механики, или возникновении самостоятельной химической механики (Д.И.Менделеев), фактически можно было уже говорить, что под влиянием механической картины мира и с учетом специфики химических объектов происходило конституирование химии в самостоятельную науку. И важнейшим аспектом этого процесса было становление в ней специальной картины исследуемой

реальности. Между физической картиной мира и картиной химической реальности устанавливалась связь по принципу субординации, причем эта связь не отменяла относительной самостоятельности каждой из них.

Сходные процессы становления специальной научной картины мира и конституирования научной дисциплины можно проследить и на материале истории биологического знания.

Выше отмечалось, что при объяснении причин возникновения жизни Ламарк использовал идеи, развитые в механической картине мира XVIII столетия, в частности представления о теплороде и электрическом флюиде как носителях особых сил, которые он рассматривал в качестве главных возбудителей жизни. Однако Ламарк не механически перенес представления об этих гипотетических субстанциях в ту область знаний, которую он развивал. Он подчеркивал, что, входя в живой организм, теплород и электрический флюид преобразуются в нем в особый — нервный флюид, который свойствен только лишь живым существам. Нервный флюид, по мнению Ламарка, выступает как действующая сила, как своего рода орудие, производящее чувства, представления, разумные акты. Именно нервный флюид “способен произвести столь изумляющие нас явления и отрицая его существование и его свойства, нам пришлось бы отказаться от всякого исследования физических причин явлений и вновь обратиться к расплывчатым беспочвенным представлениям для удовлетворения нашего любопытства в отношении данного предмета”^[62].

Объясняя таким образом природу живых организмов, Ламарк, хотя и в неявной форме, но акцентировал внимание на особенностях, присущих живому, что подготавливало основания для спецификации биологической науки и формирования в ней особой картины исследуемой реальности. Ламарк не только выделял специфику биологических объектов, но и указывал на их взаимодействие с окружающей средой как на источник их изменений. Согласно Ламарку, эти изменения происходят благодаря постоянному извлечению флюидов из окружающей среды и их трансформации внутри живого организма. Именно накопление соответствующих флюидов внутри организма приводит к изменениям отдельных органов и организма в целом, и эти изменения можно наблюдать, если рассматривать цепь поколений в течение достаточно длительного времени. “С течением времени и под влиянием беспредельного разнообразия непрерывно изменяющихся обстоятельств последовательно были созданы живые тела всех классов и всех порядков”^[63].

Таким образом принципы объяснения, заимствованные из механической картины мира, были трансформированы Ламарком в фундаментальный для биологии принцип эволюционного объяснения особенностей организмов и видов.

Многообразие живых организмов, разная степень их организации явилась основанием для своеобразного расположения их в определенном порядке от простого к сложному и обоснования Ламарком принципа градации, положенного им в основу своей эволюционной концепции. И хотя настаивая на плавных, незаметных переходах между видами, Ламарк пришел к выводу об отсутствии реальных границ между ними и в конечном счете к отрицанию реальности видов, его идея изменчивости и передачи по наследству приобретенных изменений послужили той основой, в соответствии с которой в последующем развитии биологического знания накапливался эмпирический материал, стимулировавший развитие эволюционных представлений.

Учитывая, что представления об объектах и их взаимодействиях выступают одним из аспектов формирования картины мира, можно говорить о том, что Ламарк вводил новое видение биологической реальности.

Эволюционные идеи Ламарка обнаружили эвристическую значимость не только для развития биологического знания, но и для других естественнонаучных дисциплин, например геологии.

Ч.Лайель в развиваемой им концепции стремился решить сложную и актуальную для своего времени проблему о соотношении современных природных сил с силами прошлого. Решая эту задачу, Лайель обращался к тем идеям, которые уже были развиты к данному периоду в биологической науке. И если подходы, развиваемые “катастрофистами”, его не устраивали, то в концепции Ламарка он нашел разрешение возникающих перед ним вопросов. Речь идет о принципах, лежащих в основе концепции Ламарка: во-первых, о принципе сходства действующих сил природы с силами, которые действовали в прошлом, и во-вторых, о принципе, согласно которому радикальные изменения являются результатами постепенных, накапливающихся во времени мелких изменений.

Эти принципы были использованы Ч.Лайелем в его учении о геологических процессах [64]. Он перенес нормативные принципы, сложившиеся в биологии, в геологию, построив здесь теоретическую концепцию, которая впоследствии оказала обратное воздействие на биологию, послужив наряду с эволюционными идеями Ламарка одной из предпосылок становления научной картины биологической реальности, связанной с именем Ч.Дарвина.

Возникновение концепции Дарвина завершило формирование биологии как науки, имеющей статус самостоятельной отрасли естествознания. Картина биологической реальности отчетливо приобретает в этот период автономные черты и предстает как система научных представлений, выявляющих особенности живой природы.

Утверждение биологии в качестве самостоятельной отрасли знания не означало, что последующее развитие этой дисциплины шло только за счет ее внутренних факторов. Возникновение нового знания в дисциплинарно организованной науке всегда предстает как сложный и многоплановый процесс, включающий как внутридисциплинарные, так и междисциплинарные взаимодействия. Примером тому могут служить открытия Менделя, которые явились результатом не только развития биологической науки, но осуществлялись за счет трансляции в биологию идей, развитых в других отраслях знания. В работе “Опыты над растительными гибридами” Мендель сформулировал идею дискретного носителя наследственности — “наследственного фактора” и показал, что отдельные признаки и свойства организмов можно связать с этими “наследственными факторами” [65].

Опыты Менделя стали возможными благодаря развитию гибридизации в биологической практике того времени. Вместе с тем эмпирический материал, накопленный в исследованиях биологов и практиков-селекционеров, сам по себе не приводил к идее “наследственных факторов”. Чтобы сформулировать эту идею, нужно было заранее иметь некое теоретическое видение, под которое был бы подведен накопленный эмпирический материал.

Это теоретическое видение формировалось не только на основе развивающегося биологического знания, но и под влиянием принципов объяснения, транслированных из других областей знания, в частности из математики. В исследованиях творчества Менделя отмечалось, что он “соединил методы двух наук: математики — вероятностно-статистический метод (Доплер) — и биологии — гибридизационный метод (Унгер)” [66].

Фактически Мендель проводил свои опыты под новую, складывающуюся на этом этапе, картину биологической реальности, которая строилась за счет взаимосвязи внутридисциплинарного и междисциплинарного знания. В этой картине постепенно утверждалось представление о новом биологическом объекте — “наследственных факторах”. Выявление этого объекта и включение представлений о

нем в картину биологической реальности, с одной стороны, позволяло по-новому интерпретировать накопленные факты, а с другой — способствовало последующему обоснованию и развитию эволюционной теории Дарвина и формированию новых биологических теорий (в частности, синтетической теории эволюции как соединении эволюционной теории и популяционной генетики).

В свою очередь новые теории и факты оказывали обратное влияние на картину биологической реальности, которая уточнялась и развивалась под воздействием разрастающегося теоретического и эмпирического материала. В первой трети XX века на смену дарвиновской пришла новая картина биологического мира: в ней основной единицей эволюции рассматривался не организм, а популяция, были введены основные уровни организации живого — молекулярные носители наследственности, клетка, многоклеточные организмы, популяции, биогеоценозы и биосфера (представления о двух последних уровнях были включены в картину биологического мира во многом благодаря работам Сукачева и Вернадского).

Взаимодействие организмов между собой и со средой рассматривалось в контексте включения в это взаимодействие надорганизменных структур живого. Основой биологических процессов выступало воспроизводство структур жизни в соответствии с генетическим кодом (наследственность) и их изменение благодаря мутациям и естественному отбору.

Наконец, возникли новые представления о пространственно-временных характеристиках биологических процессов. Уже в дарвиновской картине мира вводилось представление об эволюционном времени (в отличие от механической картины мира, носящей вневременной характер), утверждалась идея историзма. Последующее развитие биологии уточнило эти идеи и сформировало представление об особых пространственно-временных структурах живого, несводимых к физическому пространству и времени. Возникло представление о биологическом времени отдельных живых организмов и популяций, выяснилось, что понятия физической временной последовательности недостаточно для характеристики биологических систем, что способствовало в последующем введению идеи “опережающего отражения”.

В результате картина биологической реальности предстала не только как автономное образование по отношению к физической картине мира, но и в определенном отношении как альтернативная ей. Физика оставалась неэволюционной наукой, тогда как биология, начиная с утверждения дарвиновских идей, опиралась на эволюционную картину изучаемых процессов.

В историческом развитии социальных наук обнаруживаются сходные особенности формирования дисциплинарного знания, связанные с учетом специфики исследуемого объекта. Механическая парадигма, распространенная на область социального познания, была модифицирована, причем в процессе такой модификации обозначился разрыв с принципами механицизма. Здесь важнейшую роль опять-таки сыграли новые “парадигмальные прививки” в область социальных наук из биологии (по мере развития в ней идей эволюции), а затем, уже в нашем столетии, из теории систем, кибернетики и теории информации.

Первые шаги к конституированию социальных наук в особую сферу дисциплинарного знания были сопряжены с модернизацией образов, заимствованных из механической картины мира. Уже О. Конт, признанный одним из основоположников социологии, включал в создаваемую им картину социальной реальности, представление о ее историческом развитии, которое полагал фундаментальной характеристикой общества. Далее, в его концепции общество начинает рассматриваться не как механизм, а как особый организм, все части которого образуют целостность. В этом пункте отчетливо прослеживается влияние на контовскую социологическую концепцию биологических представлений.

Дальнейшее развитие этих идей было связано с разработкой Г. Спенсером общей теории эволюции и представлений о развитии общества как особой фазе эволюции мира. Спенсер не просто переносит на область социальных наук идеи биологической эволюции, а пытается выделить некоторые общие принципы эволюции и их специфические конкретизации применительно к биологическим и социальным объектам[67]. Идея общества как целостного организма, согласно Спенсеру, должна учитывать, что люди как элементы общества обладают сознанием, которое как бы разлито по всему социальному агрегату, а не локализовано в некотором одном центре.

Дальнейшие шаги, связанные с перестройкой первичных парадигмальных образов, перенесенных из естествознания в социальные науки, были связаны с дискуссиями относительно методологии социального познания. Эти дискуссии продолжаются и в наше время, и в центре их стоит сформулированный В. Дильтеем тезис о принципиальном отличии наук о духе и наук о природе. В. Дильтей, В. Виндельбанд и Р. Риккерт определяли это отличие через противопоставление понимания и объяснения, индивидуализации и генерализации, идеографического метода, ориентированного на описание уникальных исторических событий, и номотетического метода, ставящего целью нахождение обобщающих законов. Обозначились два крайних полюса в трактовке методов социально-гуманитарных наук: первый полагал их идентичность, второй их резкое противопоставление. Но реальная научная практика развивалась в пространстве между этими полюсами. В этом развитии выявлялись общие для естествознания и социально-гуманитарных наук черты идеала научности и их спецификации применительно к особенностям изучаемых явлений. Рефлексия над такого рода научной практикой порождала методологические подходы, снимающие резкое противопоставление объяснения и понимания, индивидуализации и генерализации. Например, Вебер, подчеркивая важность для социологии понимания мотивов, установок и намерений действующих субъектов, вместе с тем развивал представление об идеальных типах как обобщающих научных понятиях, посредством которых строятся объясняющие модели социальных процессов.

Нелишне отметить, что в естественнонаучном познании также можно проследить связи понимания и объяснения, хотя и в иной акцентировке, чем в социальных и гуманитарных науках. В частности, понимание встроено в сами акты естественнонаучного наблюдения и формирования фактов. Когда современный астроном наблюдает светящиеся точки на небесном своде, он понимает, что это — звезды, огромные плазменные тела, аналогичные Солнцу, тогда как звездочет древности мог понимать это же явление иначе, например, как небесный свет, который сияет через прорези в небосводе.

Акты понимания определены культурной традицией, мировоззренческими установками, явно или неявно принимаемой исследователем картиной мира. Это — общие черты понимания в любой области познания.

В принципе, идея согласно которой только в действиях людей исследователь имеет дело с включенными в нее ментальностями, а при изучении природы он сталкивается с неживыми и бездуховными объектами — это мировоззренческая установка техногенной культуры. В иных культурных традициях, например, в традиционалистских культурах, которые признают идею перевоплощения душ, познание природы и человека не столь резко различаются, как в культуре техногенной цивилизации.

Проблема противопоставления индивидуализации и генерализации, идеографического метода, с одной стороны, и номотетического метода, с другой, также требует уточнения. Индивидуально неповторимые события имеют место не

только в истории общества, но и в процессах исторического развития природы — истории жизни на Земле, истории нашей Вселенной.

На уровне отдельных эмпирически фиксируемых событий и общественные, и природные явления индивидуально неповторимы. Но наука не сводится только к эмпирическим констатациям неповторимых событий. Если речь идет об исторических процессах, то цели науки состоят в обнаружении тенденций, логики их развития, законосообразных связей, которые позволили бы воссоздать картину исторического процесса по тем “точкам-событиям”, которые обнаруживает историческое описание. Такое воссоздание исторических процессов представляет собой историческую реконструкцию. Каждая такая реконструкция лишь внешне предстает как чисто идеографическое знание. На деле же в ней идеографические и номотетические элементы соединяются особым образом, что выявляет определенную логику исторического процесса, но не отделенную от самой ткани его индивидуальности, а как бы вплавленную в нее. Исторические реконструкции можно рассматривать как особый тип теоретического знания об уникальных, данных в единственном экземпляре, исторических процессах. Исследования Вебера, посвященные протестантской этике и зарождению духа капитализма, являются примером исторической реконструкции, относящейся к теоретическому осмыслению истории. То же можно сказать о работах К. Маркса, посвященных анализу революционных событий во Франции 1848-1852 гг. и 1871 г. Результаты соответствующих исследований Маркса, изложенные в его работах “Восемнадцатое брюмера Луи Бонапарта”, “Гражданская война во Франции”, представляют собой реконструкции, демонстрирующие в материале исторического описания его теоретическое видение. В принципе, один и тот же фрагмент истории может быть представлен в различных реконструкциях. Тогда каждая из них выступает в качестве своего рода теоретической модели, претендующей на описание, понимание и объяснение исторической реальности. Они соперничают друг с другом, что также не является экстраординарной ситуацией для науки. Каждая новая историческая реконструкция стремится ассимилировать все большее разнообразие накапливаемых фактов и предсказать новые. Предсказание как ретросказание (обнаружение неизвестных фактов прошлого) в исторических исследованиях играет столь же важную роль, как и в любых других видах теоретического познания.

Разумеется, существует специфика исторических реконструкций в естественных и социально-гуманитарных науках. Когда исследователь реконструирует те или иные фрагменты духовной истории, то он сталкивается с необходимостью понять соответствующий тип культурной традиции, который может быть радикально иным, чем его собственная культура. В этом случае на передний план выходят процедуры понимания, движения по герменевтическому кругу, когда понимание многократно переходит от части к целому, а затем от целого к части, постигая особенности иной культурной традиции[68].

Вместе с тем, сами акты понимания и процедуры построения исторических реконструкций в гуманитарных науках (как впрочем и в естествознании) обусловлены принятой исследователем дисциплинарной онтологией, специальной научной картиной мира, которая вводит схему-образ изучаемой предметной области. Дискуссии относительно идеалов и норм исследования в “науках о духе” во многом касаются способов построения такой картины и ее философского обоснования. Общими принципами, относительно которых явно или неявно уже достигнут консенсус в этих дискуссиях, выступают три фундаментальных положения любые представления об обществе и человеке должны учитывать: историческое развитие, целостность социальной жизни и включенность сознания в социальные процессы. Указанные принципы очерчивают границы, в которых осуществляется построение картин социальной реальности.

Их становление в качестве специфических образов социального мира, отличных от первоначально заимствованных из естествознания парадигмальных образцов, происходило во второй половине XIX—начале XX вв. В этот исторический период Спенсером, Марксом, Дильтеем, Дюркгеймом, Зиммелем, Вебером были предложены варианты дисциплинарных онтологий социально-гуманитарных наук. Хотя они и конкурировали между собой, определяя область допустимых задач и средств их решения, между ними осуществлялось взаимодействие. Были общие проблемы, обсуждавшиеся всеми исследователями, хотя и с разных позиций. Каждый из них развивал свои представления об обществе, соотносясь с конкурирующими исследовательскими программами. Все это свидетельствовало о завершающем этапе научной революции, которая началась переносом естественнонаучных парадигм на область социальных процессов, а закончилась их перестройкой и формированием социально-гуманитарных дисциплин.

После формирования дисциплинарно организованной науки каждая дисциплина обретает свои специфические основания и свой импульс внутреннего развития. Но науки не становятся абсолютно автономными. Они взаимодействуют между собой, и обмен парадигмальными принципами выступает важной чертой такого взаимодействия. Поэтому революции, связанные с “парадигмальными прививками”, меняющие стратегию развития дисциплин, прослеживаются и на этом этапе достаточно отчетливо.

Характерным примером в этом отношении может служить перенос в химию из физики фундаментального принципа, согласно которому процессы преобразования молекул, изучаемые в химии, могут быть представлены как взаимодействие ядер и электронов, а поэтому химические системы могут быть описаны как квантовые системы, характеризующиеся определенной Ψ -функцией[69]. Эта идея легла в основу нового направления — квантовой химии, возникновение которой знаменовало революцию в современной химической науке и появление в ней принципиально новых стратегий исследования.

Образцы трансляции парадигмальных установок можно обнаружить в самых различных науках. Так, развитые в кибернетике и теории систем представления о самоорганизации, транслированные в современную физику, во многом стимулировали разработку идей синергетики и термодинамики неравновесных систем.

Не менее продуктивным оказался союз биологии и кибернетики, основанный на представлениях о биологических объектах как саморегулирующихся системах с передачей информации и обратными связями.

Среди многочисленных примеров, подтверждающих эффективность такого взаимодействия, можно сослаться на создание в 50-х—60-х годах И.И.Шмальгаузенем теории биологической эволюции как саморегулирующегося процесса.

Первым шагом на пути к новой теории стало рассмотрение биологических объектов — организмов, популяций, биоценозов — как самоорганизующихся систем. “Все биологические системы, — писал И.И.Шмальгаузен, — характеризуются большей или меньшей способностью к саморегуляции, т.е. гомеостазису. С помощью авторегуляции поддерживается само существование каждой данной системы, ее состав и структура с ее характерными внутренними связями и закономерные преобразования всей системы в пространстве и времени. Гомеостатическими системами являются, конечно, прежде всего отдельная особь каждого вида организмов, затем популяция как система особей одного вида, характеризующаяся своим составом и структурой с особыми взаимосвязями ее элементов, и, наконец, биогеоценоз, обладающий также определенным составом и структурой со своими, подчас очень сложными взаимосвязями”[70].

Трансляция из кибернетики в биологию новой парадигмы потребовала определенного уточнения вводимых представлений. Необходимо было учесть специфику биологических объектов, которые принадлежали к особому типу саморегулирующихся систем. Существенно важно было принять во внимание их историческую эволюцию. В результате возникла проблема: насколько применимы представления о гомеостатических системах, сохраняющих свою качественную устойчивость, к системам исторически развивающимся, качественно изменяющимся в процессе эволюции.

Шмальгаузен исходил из того, что основные принципы саморегуляции могут быть использованы и при описании исторически развивающихся систем. “Механизмы контроля и регуляции, — писал он, — понятны, различны в разных системах. Однако общие принципы регуляции могут во всех этих случаях рассматриваться под одним углом зрения в свете учения о регулирующих устройствах”[71]. В принципе это был нетривиальный шаг, учитывая, что систематическая разработка в естествознании представлений о механизмах самоорганизации в исторически развивающихся объектах началась позднее. Существенными аспектами здесь были исследования динамики неравновесных процессов И.Пригожиным, теория катастроф Р.Тома, развитие синергетики (Г.Хакен, М.Эйген, Г.Николис и др.). Идеи И.И.Шмальгаузена о процессах регуляции в историческом развитии биологических систем можно рассматривать в качестве одного из предварительных вариантов этой, ныне активно разрабатываемой исследовательской программы.

Используя идеи самоорганизации при анализе взаимодействий биологических систем и рассматривая эволюцию как автоматически регулируемый процесс, И.И.Шмальгаузен тем самым включает новые представления в картину биологической реальности. Взаимодействие основных структурных единиц живого — организмов, популяций и биоценозов — было рассмотрено под углом зрения передачи и преобразования информации и процессов управления.

Применив идеи информационных кодов и обратных связей к уже сложившейся к этому времени синтетической теории эволюции (С.С.Четвериков и др.), Шмальгаузен внес в нее существенные изменения и дополнения. Он раскрыл регулирующий механизм эволюции с учетом уровней организации живого, рассматривая их как целостность, которая включает прямые и обратные связи организмов, популяций и биогеоценозов.

Рассматривая каждую особь в качестве сложного сообщения, перекодирующего генетическую информацию молекулярного уровня в набор фенотипических признаков, Шмальгаузен представил ее как целостный информационный блок, а специфическую для каждой особи индивидуальную активность в биогеоценозе рассмотрел как средство передачи обратной информации[72].

Переводя теорию эволюции на язык кибернетики, он показал, “что само преобразование органических форм закономерно осуществляется в рамках относительно стабильного механизма, лежащего на биогенетическом уровне организации жизни и действующего по статистическому принципу”[73]. Это был “высший синтез идеи эволюции органических форм с идеей устойчивости вида и идеей постоянства геохимической функции жизни в биосфере”[74]. Этот подход позволил сформулировать новый для биологии принцип группового отбора, указал на роль соревнования целых популяций друг с другом как условия создания и поддержания надорганизменных систем (вида и биогеоценоза)[75]. Теория Шмальгаузена объясняла также многие факты помехоустойчивости передачи наследственной информации и открывала новые возможности применения в теории эволюции математических методов.

Другим ярким примером, демонстрирующим результативность трансляции в биологию представлений кибернетики, может служить разработка межклеточного взаимодействия (А.Тьюринг, 1952; М.Цетлин, 1964; Л.Вольтерра, 1968; М.Аптер, 1970). Сопоставление взаимодействия клеток со взаимодействием группы автоматов, в которой отсутствует единый центр, рассылающий команды, позволило обнаружить целый ряд особенностей межклеточной регуляции. Позднее выяснилось, что эта модель применима к описанию процессов регуляции не только на уровне клеток, но и на организменном и популяционном уровнях[76].

Можно констатировать, что транслированные в биологию представления затем возвращались в кибернетику и теорию систем в обогащенном виде. Выяснение особенностей регуляции биосистем при децентрализованном управлении привело к дальнейшему развитию модели межклеточной регуляции и подготовило ее дальнейшее использование в других областях (применительно к системам развитой рыночной экономики, к некоторым социальным системам и др.).

В XX столетии значительно усилился обмен парадигмальными установками не только между различными естественнонаучными дисциплинами, но также между ними и социально-гуманитарными науками.

Можно, например, констатировать, что многие успехи современной лингвистики обязаны применению в этой области образов кибернетики, идей теории информации и представлений генетики.

Так, рассмотрение естественного языка в терминах кибернетики и теории информации, а также использование представлений о генетическом коде как особом языке наследственности оказалось весьма продуктивным при обсуждении проблемы порождающих грамматик. Аналогия между социокодом и генетическим кодом (с учетом связей ген-фенотип) открыла новые возможности обобщения теории порождающей грамматики, развитой школой Н.Хомского. Теория Хомского подвергалась критике лингвистами с той точки зрения, что она дает не описание порождающих моделей естественных языков, а лишь описание общих условий, которым должны удовлетворять порождающие модели. Применение аналогии генотип-фенотип позволило по-новому поставить задачу и в новом свете рассмотреть уже имевшиеся результаты. Была видвинута гипотеза о том, что реальный порождающий процесс в функционировании языков аналогичен выявлению в развитии организмов связи генотип-фенотип, когда реальные признаки развитого организма (фенотип) представляют собой своеобразное развертывание, реализацию генотипической информации. В соответствии с этим новым видением была сформулирована задача: создать теорию порождающей грамматики как двухступенчатой системы[77]. Первая ступень должна порождать идеальные лингвистические объекты, которые в своей совокупности образуют идеальный язык (генотипический язык). Вторая — обеспечивать преобразование объектов генотипического языка в объекты того или иного реального языка (фенотипический язык). С этой точки зрения теория Хомского была рассмотрена как попытка построить концепцию генотипического языка. Многие критические возражения против этой теории с новой точки зрения выступали уже не столько как опровержение предложенной модели, сколько как постановка проблемы — найти мостик между ней и теорией порождающих моделей фенотипического типа[78].

Взаимосвязь лингвистики, биологии и теории информации, характерная для развития этих дисциплин, в XX столетии была во многом обязана развитию семиотики и новой трактовкой лингвистики как части семиотики.

Языкознание было своеобразным полигоном утверждения идей семиотики как науки о знаках и знаковых коммуникациях. Дисциплинарная онтология языкознания (картина языка как особого предмета исследования) была модернизирована, когда естественные языки стали рассматриваться в качестве варианта семиотических

систем. Тогда лингвистика предстала в качестве особой части семиотики и включила в себя исследование не только естественных, но искусственных языков.

Такая модернизация предметного поля языкознания, в свою очередь, открыла новые возможности его взаимодействия с другими науками, в которых применялись идеи и понятия семиотики.

Образы языка как сложной знаковой системы, передающей информацию, широко используются в зоосемиотике, изучающей язык животных.

В свою очередь, полученные здесь результаты позволяют по новому сформулировать многие проблемы лингвистики. Как пишет известный лингвист Роман Якобсон, “язык и другие средства человеческой коммуникации в их различных взаимодействиях — *mutatis mutandis* — имеют много поучительных аналогий с передачей информации у других видов живых существ”. “Адаптивная природа коммуникации” во всем своем многообразии, суть которой была выявлена Уоллесом и Србом, сводима к двум взаимосвязанным классам: адаптация к окружению и адаптация окружения к собственным нуждам. Воистину она стала одной из “наиболее волнующих” биологических проблем, и, *mutatis mutandis*, трудно переоценить ее значение для современной лингвистики. Сходные процессы в жизни языка и в коммуникации животных достойны тщательного исследования и сопоставления, полезного как для этологии, так и для лингвистики. В период между мировыми войнами возникло первое содружество ученых двух дисциплин, имевшее целью изучение двух аспектов эволюции: адаптации и конвергентной эволюции. Именно тогда внимание лингвистов было привлечено к биологическому понятию мимикрии, и одновременно биологи стали рассматривать разные типы мимикрии как способ коммуникации. Дивергентное развитие, противопоставляемое при распространении коммуникации конвергентной тенденции ... привлекает все большее внимание как лингвистов, так и биологов. Известные способы манифестации языкового нонконформизма, своеобразия или “узости”, находят интересные этологические аналогии, и биологи исследуют и описывают то, что они называют “местными диалектами”, по которым различаются животные одного вида, например, вороны или пчелы” [79].

Р.Якобсон подчеркивает, что параллели между кодовыми системами, составляющими массив биологической информации, и человеческим языком открывают большие возможности переноса представлений и методов из лингвистики в биологию и обратно. Ссылаясь на работы Крика, Яновского, Дж. и М. Бидлов, Ф.Жакоба, он пишет, что указанные авторы-биологи отмечают в качестве важнейшего признака “генетического языка” его иерархическую структуру, подобную той, которая была открыта лингвистами в естественных языках. “Как лингвисты, так и биологи относят иерархическую структуру языковых и генетических сообщений к фундаментальным научным принципам. Как указал Бенвенист, языковая единица имеет лишь тот статус, который она получает в составе единицы высшего порядка. Переход от лексических единиц к синтаксическим группам разного ранга параллелен переходу от кодонов к “цистронам” и “оперонам”; два последних уровня генетических последовательностей биологи сравнивают с синтаксическими группами разной степени сложности, а ограничения на дистрибуцию кодонов внутри таких конструкций были названы “синтаксисом ДНК-цепи”. В генетическом сообщении “слова” не отделены друг от друга; специальные сигналы в составе конструкций указывают на начало и конец оперона и на границы цистронов внутри оперона; эти сигналы метафорически именуется “знаками пунктуации”, или “запятыми”. Они действительно соответствуют делимитативным средствам, используемым для фонологического выделения в речи фраз, во фразе простых предложений и словосочетаний” [80].

В качестве еще одного примера продуктивности обмена парадигмальными образцами между лингвистикой и биологией Р. Якобсон указывает на обнаружение подобия между синонимией естественной речи и изменением “в значениях кодонов, связанных с их позицией в генетическом сообщении”. Он подчеркивает, что “биологи, сопоставляя исходные сообщения с их пептидными трансляциями, обнаружили “синонимичные кодоны”, и это открывало новые возможности для понимания гибкости в записи наследственной информации[81].

Все эти обменные процессы парадигмальными установками, понятиями и методами между различными науками предполагают, что должно существовать некоторое обобщенное видение предметных областей каждой из наук, видение, которое позволяет сравнивать различные картины исследуемой реальности, находить в них общие блоки и идентифицировать их, рассматривая как одну и ту же реальность.

Такое видение определяет общенаучная картина мира. Она интегрирует представления о предметах различных наук, формируя на основе их достижений целостный образ Вселенной, включающий представления о неорганическом, органическом и социальном мире и их связях. Именно эта картина позволяет установить сходство предметных областей различных наук, отождествить различные представления как видение одного и того же объекта или связей объектов, и тем самым обосновать трансляцию знаний из одной науки в другую.

Например, применение в биологии представлений физики об атомах, перенесенных из физики в общую научную картину мира, предварительно предполагало выработку общего принципа — принципа атомистического строения вещества.

Р.Фейнман в своих лекциях по физике писал, что если бы в результате мировой катастрофы научные знания оказались бы уничтоженными и к грядущим поколениям перешла бы только одна фраза, несущая наибольшую информацию об исчезнувшей науке, то это была бы фраза — “все тела состоят из атомов”[82].

Однако для использования этого принципа в биологии нужно принять еще одно представление — рассмотреть биологические организмы как особый вид тел (как живое вещество). Это представление также принадлежит общенаучной картине мира.

Но если бы какой-либо исследователь выдвинул гипотезу, что посредством представлений об атомах и их строении, развитых в физике, можно объяснить, например, феномены духовной жизни человека — смыслы художественных текстов, смыслы религиозных и этических принципов, — то эта гипотеза не нашла бы опоры в современной научной картине мира, поскольку духовные феномены она не включает в класс тел и не считает веществом.

Таким образом, общая научная картина мира может быть рассмотрена как такая форма знания, которая регулирует постановку фундаментальных научных проблем и целенаправляет трансляцию представлений и принципов из одной науки в другую. Иначе говоря, она функционирует как глобальная исследовательская программа науки, на основе которой формируются ее более конкретные, дисциплинарные исследовательские программы.

По аналогии с уже рассмотренным процессом внутридисциплинарной интеграции знаний, можно предположить, что его междисциплинарная интеграция неразрывно связана с эвристической ролью общенаучной картины мира и обеспечивается процессами трансляции идей, принципов и представлений из одной науки в другую с последующим включением полученных здесь новых, наиболее фундаментальных результатов в общенаучную картину мира.

Высокая степень обобщения таких результатов и стремление построить целостную систему представлений о мире, включающую человека, его природную и

социальную жизнь, делает эту картину тем особым звеном развивающегося научного знания, которое наиболее тесно контактирует со смыслами универсалий культуры, и поэтому обладает ярко выраженным мировоззренческим статусом.

Глобальные научные революции как изменение типа рациональности

Научная революция как выбор новых стратегий исследования. Потенциальные истории науки

Перестройка оснований исследования означает изменение самой стратегии научного поиска. Однако всякая новая стратегия утверждается не сразу, а в длительной борьбе с прежними установками и традиционными видениями реальности.

Процесс утверждения в науке ее новых оснований определен не только предсказанием новых фактов и генерацией конкретных теоретических моделей, но и причинами социокультурного характера.

Новые познавательные установки и генерированные ими знания должны быть вписаны в культуру соответствующей исторической эпохи и согласованы с лежащими в ее фундаменте ценностями и мировоззренческими структурами.

Перестройка оснований науки в период научной революции с этой точки зрения представляют собой выбор особых направлений роста знаний, обеспечивающих как расширение диапазона исследования объектов, так и определенную скоррелированность динамики знания с ценностями и мировоззренческими установками соответствующей исторической эпохи. В период научной революции имеются несколько возможных путей роста знания, которые, однако, не все реализуются в действительной истории науки. Можно выделить два аспекта нелинейности роста знаний.

Первый из них связан с конкуренцией исследовательских программ в рамках отдельно взятой отрасли науки [83]. Победа одной и вырождение другой программы направляют развитие этой отрасли науки по определенному руслу, но вместе с тем закрывают какие-то иные пути ее возможного развития.

Рассмотрим в качестве примера борьбу двух направлений в классической электродинамике Ампера — Вебера, с одной стороны, и Фарадея — Максвелла, с другой. Максвелл, создавая теорию электромагнитного поля, длительное время не получал новых результатов, по сравнению с теми, которые давала электродинамика Ампера—Вебера. Внешне все выглядело как вывод уже известных законов в новой математической форме. Лишь на заключительном этапе создания теории, открыв фундаментальные уравнения электромагнетизма, Максвелл получил знаменитые волновые решения и предсказал существование электромагнитных волн. Их экспериментальное обнаружение привело к триумфу максвелловского направления и утвердило представления о близкодействии и силовых полях как единственно верную основу физической картины мира.

Однако в принципе эффекты, которые интерпретировались как доказательство электромагнитных волн, могли быть предсказаны и в рамках амперовского направления. Известно, что в 1845 г. К.Гаусс в письме к В.Веберу указывал, что для дальнейшего развития теории Ампера — Вебера следует в дополнение к известным силам действия между зарядами допустить существование других сил, распространяющихся с конечной скоростью [84]. Г.Риман осуществил эту программу и вывел уравнение для потенциала, аналогичное лоренцовским уравнениям для запаздывающих потенциалов. В принципе это уравнение могло бы лечь в основу предсказания тех эффектов, которые были интерпретированы в парадигме максвелловской электродинамики как распространение электромагнитных волн. Но этот путь развития электродинамики предполагал физическую картину мира, в

которой постулировалось распространение сил с различной скоростью в пустом пространстве. В такой картине мира отсутствует эфир и представление об электромагнитных полях. И тогда возникает вопрос: как могла бы выглядеть в этой нереализованной линии развития физики теория электронов, каков был бы путь к теории относительности?

Физическая картина мира, в которой взаимодействие зарядов изображалось бы как передача сил с конечной скоростью без представлений о материальных полях, вполне возможна. Показательно, что именно такой образ электромагнитных взаимодействий Р.Фейнман использовал как основу для новой формулировки классической электродинамики, опираясь на которую он развил идею построения квантовой электродинамики в терминах интегралов по траекториям[85]. В какой-то мере можно расценивать фейнмановскую переформулировку классической электродинамики как воспроизведение в современных условиях ранее нереализованных, но потенциально возможных путей исторического развития физики. Однако при этом необходимо учитывать, что современные представления о природе формируются уже в иной научной традиции, чем в классическую эпоху, при наличии новых идеалов и норм объяснения физических процессов. Развитие квантово-релятивистской физики, утверждая эти нормы, “приучило” физиков к множественности различных формулировок теории, каждая из которых способна выразить существенные характеристики исследуемой предметной области. Физик-теоретик XX века относится к различным математическим описаниям одних и тех же процессов не как к аномалии, а как к норме, понимая, что одни и те же объекты могут быть освоены в различных языковых средствах и что различные формулировки одной и той же физической теории являются условием прогресса исследований. В традициях современной физики лежит и оценка картины мира как относительно истинной системы представлений о физическом мире, которая может изменяться и совершенствоваться как в частях, так и в целом.

Поэтому, когда, например, Фейнман развивал идеи о взаимодействиях зарядов без “полевых посредников”, его не смутило то обстоятельство, что в создаваемую теорию потребовалось ввести, наряду с запаздывающими, опережающие потенциалы, что в физической картине мира соответствовало появлению представлений о влиянии взаимодействий настоящего не только на будущее, но и на прошлое. “К этому времени, — писал он, — я был уже в достаточной мере физиком, чтобы не сказать: “Ну, нет, этого не может быть”. Ведь сегодня после Эйнштейна и Бора все физики знают, что иногда идея, кажущаяся с первого взгляда совершенно парадоксальной, может оказаться правильной после того, как мы разберемся в ней до мельчайших подробностей и до самого конца и найдем ее связь с экспериментом”[86]. Но “быть физиком” XX века — нечто иное, чем “быть физиком” XIX столетия. В классический период физик не стал бы вводить “экстравагантных” представлений о физическом мире на том основании, что у него возникает новая и перспективная математическая форма теории, детали эмпирического обоснования которой можно разработать в будущем. В классическую эпоху физическая картина мира, прежде чем генерировать новые теоретические идеи, должна была предстать как подтверждаемый опытом “наглядный портрет” реальности, который предшествовал построению теории. Формирование конкурирующих картин исследуемой реальности предполагало жесткую их конфронтацию, в условиях которой каждая из них рассматривалась своими сторонниками как единственно правильная онтология.

С этих позиций следует оценивать возможности реализации программы Гаусса — Римана в физике XIX столетия. Чтобы ввести в физическую картину мира этой эпохи представление о силах, распространяющихся с различными скоростями, нужно было обосновать это представление в качестве наглядного образа “реального

устройства природы”. В традициях физического мышления этой эпохи сила всегда связывалась с материальным носителем. Поэтому ее изменения во времени от точки к точке (разные скорости распространения силы) предполагали введение материальной субстанции, с состоянием которой связано изменение скорости распространения сил. Но такие представления уже лежали в русле фарадеевско-максвелловской программы и были несовместимы с картиной Ампера — Вебера (в этой картине связь силы и материи рассматривалась как взаимосвязь между электрическими силами и силами тяготения, с одной стороны, и зарядами и массами — с другой; заряды и массы представляли здесь в качестве материального носителя сил; принцип же мгновенной передачи сил в пространстве исключал необходимость введения особой субстанции, обеспечивающей передачу сил от точки к точке). Таким образом, причины, по которым идея Гаусса — Римана не оставила значительного следа в истории классической электродинамики XIX столетия, коренилась в стиле физического мышления данной исторической эпохи. Этот стиль мышления с его интенцией на построение окончательно истинных представлений о сущности физического мира был одним из проявлений “классического” типа рациональности, реализованного в философии, науке и других феноменах сознания этой исторической эпохи. Такой тип рациональности предполагает, что мышление как бы со стороны обзирает объект, постигая таким путем его истинную природу.

Современный же стиль физического мышления (в рамках которого была осуществлена нереализованная, но возможная линия развития классической электродинамики) предстает как проявление иного, неклассического типа рациональности, который характеризуется особым отношением мышления к объекту и самому себе. Здесь мышление воспроизводит объект как вплетенный в человеческую деятельность и строит образы объекта, соотнося их с представлениями об исторически сложившихся средствах его освоения. Мышление нашупывает далее и с той или иной степенью отчетливости осознает, что оно само есть аспект социального развития и поэтому детерминировано этим развитием. В таком типе рациональности однажды полученные образы сущности объекта не рассматриваются как единственно возможные (в иной системе языка, в иных познавательных ситуациях образ объекта может быть иным, причем во всех этих варьируемых представлениях об объекте можно выразить объективно-истинное содержание).

Сам процесс формирования современного типа рациональности обусловлен процессами исторического развития общества, изменением “поля социальной механики”, которая “подставляет вещи сознанию”[87]. Исследование этих процессов представляет собой особую задачу. Но в общей форме можно констатировать, что тип научного мышления, складывающийся в культуре некоторой исторической эпохи, всегда коррелирован с характером общения и деятельности людей данной эпохи, обусловлен контекстом ее культуры. Факторы социальной детерминации познания воздействуют на соперничество исследовательских программ, активизируя одни пути их развертывания и притормаживая другие. В результате “селективной работы” этих факторов в рамках каждой научной дисциплины реализуются лишь некоторые из потенциально возможных путей научного развития, а остальные остаются нереализованными тенденциями.

Второй аспект нелинейности роста научного знания связан со взаимодействием научных дисциплин, обусловленным в свою очередь особенностями как исследуемых объектов, так и социокультурной среды, внутри которой развивается наука.

Возникновение новых отраслей знания, смена лидеров науки, революции, связанные с преобразованиями картин исследуемой реальности и нормативов

научной деятельности в отдельных ее отраслях, могут оказывать существенное воздействие на другие отрасли знания, изменяя их видение реальности, их идеалы и нормы исследования. Все эти процессы взаимодействия наук опосредуются различными феноменами культуры и сами оказывают на них активное обратное воздействие.

Учитывая все эти сложные опосредования, в развитии каждой науки можно выделить еще один тип потенциально возможных линий в ее истории, который представляет собой специфический аспект нелинейности научного прогресса. Особенности этого аспекта можно проиллюстрировать путем анализа истории квантовой механики.

Известно, что одним из ключевых моментов ее построения была разработка Н.Бором новой методологической идеи, согласно которой представления о физическом мире должны вводиться через экспликацию операциональной схемы, выявляющей характеристики исследуемых объектов. В квантовой физике эта схема выражена посредством принципа дополнительности, согласно которому природа микрообъекта описывается путем двух дополнительных характеристик, коррелятивных двум типам приборов. Эта “операциональная схема” соединялась с рядом онтологических представлений, например, о корпускулярно-волновой природе микрообъектов, существовании кванта действия, об объективной взаимосвязи динамических и статических закономерностей физических процессов.

Однако квантовая картина физического мира не была целостной онтологией в традиционном понимании. Она не изображала природные процессы как причинно обусловленные взаимодействия некоторых объектов в пространстве и времени. Пространственно-временное и причинное описание представляли как дополнительные (в смысле Бора) характеристики поведения микрообъектов.

Отнесение к микрообъекту обоих типов описания осуществлялось только через экспликацию операциональной схемы, которая объединяла различные и внешне несовместимые фрагменты онтологических представлений. Такой способ построения физической картины мира получил философское обоснование, с одной стороны, посредством ряда гносеологических идей (об особом месте в мире наблюдателя как макросущества, о коррелятивности между способами объяснения и описания объекта и познавательными средствами), а с другой — благодаря развитию “категориальной сетки”, в которой схватывались общие особенности предмета исследования (представление о взаимодействиях как превращении возможности в действительность, понимание причинности в широком смысле, как включающей вероятностные аспекты, и т.д.).

Таким путем была построена концептуальная интерпретация математического аппарата квантовой механики. В период формирования этой теории описанный путь был, по-видимому, единственно возможным способом теоретического познания микромира. Но в дальнейшем (в частности, на современном этапе) намечилось видение квантовых объектов как сложных динамических самоорганизующихся систем. Как уже отмечалось выше, анализ квантовой теории показывает, что в самой ее концептуальной структуре имеются два уровня описания реальности: с одной стороны, понятия, описывающие целостность и устойчивость системы, с другой — понятия, выражающие типично случайные ее характеристики. Идея такого расчленения теоретического описания соответствует представлению о сложных системах, характеризующихся, с одной стороны, наличием подсистем со стохастическим взаимодействием между элементами, с другой — некоторым “управляющим” уровнем, обеспечивающим целостность системы [88]. В пользу такого видения квантовых объектов говорят и те достижения теории квантованных полей, которые показывают ограниченность сложившихся представлений о локализации частиц.

Отмечая все эти тенденции в развитии физического знания, нельзя забывать, что само видение физических объектов как сложных динамических систем связано с концепцией, которая сформировалась благодаря развитию кибернетики, теории систем и освоению больших систем в технике. В период становления квантовой механики эта концепция еще не сложилась в науке, и в обиходе физического мышления не применялись представления об объектах как больших системах. В этой связи уместно поставить вопрос: могла ли история квантовой физики протекать иными путями при условии иного научного окружения? В принципе допустимо (в качестве мысленного эксперимента) предположение, что кибернетика и соответствующее освоение самоорганизующихся систем в технике могли возникнуть до квантовой физики и сформировать в культуре новый тип видения объектов. В этих условиях при построении картины мира физик смог бы представить квантовые объекты как сложные динамические системы и соответственно этому представлению создавать теорию. Но тогда иначе выглядела бы вся последующая эволюция физики. На этом пути ее развития, по-видимому, были бы не только приобретения, но и потери, поскольку при таком движении не обязательно сразу эксплицитировать операциональную схему видения картины мира (а значит, и не было бы стимула к развитию принципа дополненности). То обстоятельство, что квантовая физика развилась на основе концепции дополненности, радикально изменив классические нормы и идеалы физического познания, направило эволюцию науки по особому руслу. Появился образец нового познавательного движения, и теперь, даже если физика построит новую системную онтологию (новую картину реальности), это не будет простым возвратом к нереализованному ранее пути развития: онтология должна вводиться через построение операциональной схемы, а новая теория может создаваться на основе включения операциональных структур в картину мира.

Развитие науки (как, впрочем, и любой другой процесс развития) осуществляется как превращение возможности в действительность, и не все возможности реализуются в ее истории. При прогнозировании таких процессов всегда строят дерево возможностей, учитывают различные варианты и направления развития. Представления о жестко детерминированном развитии науки возникают только при ретроспективном рассмотрении, когда мы анализируем историю, уже зная конечный результат, и восстанавливаем логику движения идей, приводящих к этому результату. Но были возможны и такие направления, которые могли бы реализоваться при других поворотах исторического развития цивилизации, но они оказались “закрытыми” в уже осуществившейся реальной истории науки.

В эпоху научных революций, когда осуществляется перестройка оснований науки, культура как бы отбирает из нескольких потенциально возможных линий будущей истории науки те, которые наилучшим образом соответствуют фундаментальным ценностям и мировоззренческим структурам, доминирующим в данной культуре.

Глобальные научные революции: от классической к постнеклассической науке

В развитии науки можно выделить такие периоды, когда преобразовывались все компоненты ее оснований. Смена научных картин мира сопровождалась коренным изменением нормативных структур исследования, а также философских оснований науки. Эти периоды правомерно рассматривать как глобальные революции, которые могут приводить к изменению типа научной рациональности.

В истории естествознания можно обнаружить четыре таких революции. *Первой* из них была революция XVII века, ознаменовавшая собой становление *классического естествознания*.

Его возникновение было неразрывно связано с формированием особой системы идеалов и норм исследования, в которых, с одной стороны, выражались установки классической науки, а с другой — осуществлялась их конкретизация с учетом доминанты механики в системе научного знания данной эпохи.

Через все классическое естествознание начиная с XVII века проходит идея, согласно которой объективность и предметность научного знания достигается только тогда, когда из описания и объяснения исключается все, что относится к субъекту и процедурам его познавательной деятельности. Эти процедуры принимались как раз навсегда данные и неизменные. Идеалом было построение абсолютно истинной картины природы. Главное внимание уделялось поиску очевидных, наглядных, “вытекающих из опыта” онтологических принципов, на базе которых можно строить теории, объясняющие и предсказывающие опытные факты.

В XVII—XVIII столетиях эти идеалы и нормативы исследования сплавлялись с целым рядом конкретизирующих положений, которые выражали установки механического понимания природы. Объяснение истолковывалось как поиск механических причин и субстанций — носителей сил, которые детерминируют наблюдаемые явления. В понимание обоснования включалась идея редукции знания о природе к фундаментальным принципам и представлениям механики.

В соответствии с этими установками строилась и развивалась механическая картина природы, которая выступала одновременно и как картина реальности, применительно к сфере физического знания, и как общенаучная картина мира.

Наконец, идеалы, нормы и онтологические принципы естествознания XVII—XVIII столетий опирались на специфическую систему философских оснований, в которых доминирующую роль играли идеи механицизма. В качестве эпистемологической составляющей этой системы выступали представления о познании как наблюдении и экспериментировании с объектами природы, которые раскрывают тайны своего бытия познающему разуму. При этом сам разум наделялся статусом суверенности. В идеале он трактовался как дистанцированный от вещей, как бы со стороны наблюдающий и исследующий их, не детерминированный никакими предпосылками, кроме свойств и характеристик изучаемых объектов.

Эта система эпистемологических идей соединилась с особыми представлениями об изучаемых объектах. Они рассматривались преимущественно в качестве малых систем (механических устройств) и соответственно этому применялась “категориальная сетка”, определяющая понимание и познание природы. Напомним, что малая система характеризуется относительно небольшим количеством элементов, их силовыми взаимодействиями и жестко детерминированными связями. Для их освоения достаточно полагать, что свойства целого полностью определяются состоянием и свойствами его частей, представлять вещь как относительно устойчивое тело, а процесс — как перемещение тел в пространстве с течением времени, причинность трактовать в лапласовском смысле. Соответствующие смыслы как раз и выделялись в категориях “вещь”, “процесс”, “часть”, “целое”, “причинность”, “пространство” и “время” и т.д., которые образовали онтологическую составляющую философских оснований естествознания XVII—XVIII веков. Эта категориальная матрица обеспечивала успех механики и предопределяла редукцию к ее представлениям всех других областей естественнонаучного исследования.

Радикальные перемены в этой целостной и относительно устойчивой системе оснований естествознания произошли в конце XVIII — первой половине XIX века. Их можно расценить как *вторую* глобальную научную революцию, определившую переход к новому состоянию естествознания — *дисциплинарно организованной науке*.

В это время механическая картина мира утрачивает статус общенаучной. В биологии, химии и других областях знания формируются специфические картины реальности, нередуцируемые к механической.

Одновременно происходит дифференциация дисциплинарных идеалов и норм исследования. Например, в биологии и геологии возникают идеалы эволюционного объяснения, в то время как физика продолжает строить свои знания, абстрагируясь от идеи развития. Но и в ней, с разработкой теории поля, начинают постепенно размываться ранее доминировавшие нормы механического объяснения. Все эти изменения затрагивали главным образом третий слой организации идеалов и норм исследования, выражающий специфику изучаемых объектов. Что же касается общих познавательных установок классической науки, то они еще сохраняются в данный исторический период.

Соответственно особенностям дисциплинарной организации науки видоизменяются ее философские основания. Они становятся гетерогенными, включают довольно широкий спектр смыслов тех основных категориальных схем, в соответствии с которыми осваиваются объекты (от сохранения в определенных пределах механицистской традиции до включения в понимание “вещи”, “состояния”, “процесса” и другие идеи развития). В эпистемологии центральной становится проблема соотношения разнообразных методов науки, синтеза знаний и классификации наук. Выдвижение ее на передний план связано с утратой прежней целостности научной картины мира, а также с появлением специфики нормативных структур в различных областях научного исследования. Поиск путей единства науки, проблема дифференциации и интеграции знания превращаются в одну из фундаментальных философских проблем, сохраняя свою остроту на протяжении всего последующего развития науки.

Первая и вторая глобальные революции в естествознании протекали как формирование и развитие классической науки и ее стиля мышления.

Третья глобальная научная революция была связана с преобразованием этого стиля и становлением нового, *неклассического естествознания*. Она охватывает период с конца XIX до середины XX столетия. В эту эпоху происходит своеобразная цепная реакция революционных перемен в различных областях знания: в физике (открытие делимости атома, становление релятивистской и квантовой теории), в космологии (концепция нестационарной Вселенной), в химии (квантовая химия), в биологии (становление генетики). Возникает кибернетика и теория систем, сыгравшие важнейшую роль в развитии современной научной картины мира.

В процессе всех этих революционных преобразований формировались идеалы и нормы новой, неклассической науки. Они характеризовались отказом от прямолинейного онтологизма и пониманием относительной истинности теорий и картины природы, выработанной на том или ином этапе развития естествознания. В противовес идеалу единственно истинной теории, “фотографирующей” исследуемые объекты, допускается истинность нескольких отличающихся друг от друга конкретных теоретических описаний одной и той же реальности, поскольку в каждом из них может содержаться момент объективно-истинного знания. Осмысливаются корреляции между онтологическими постулатами науки и характеристиками метода, посредством которого осваивается объект. В связи с этим принимаются такие типы объяснения и описания, которые в явном виде содержат ссылки на средства и операции познавательной деятельности. Наиболее ярким образцом такого подхода выступали идеалы и нормы объяснения, описания и доказательности знаний, утвердившиеся в квантово-релятивистской физике. Если в классической физике идеал объяснения и описания предполагал характеристику

объекта “самого по себе”, без указания на средства его исследования, то в квантово-релятивистской физике в качестве необходимого условия объективности объяснения и описания выдвигается требование четкой фиксации особенностей средств наблюдения, которые взаимодействуют с объектом (классический способ объяснения и описания может быть представлен как идеализация, рациональные моменты которой обобщаются в рамках нового подхода).

Изменяются идеалы и нормы доказательности и обоснования знания. В отличие от классических образцов, обоснование теорий в квантово-релятивистской физике предполагало экспликацию операциональной основы вводимой системы понятий (принцип наблюдаемости), а также выяснение связей между новой и предшествующими ей теориями (принцип соответствия).

Новая система познавательных идеалов и норм обеспечивала значительное расширение поля исследуемых объектов, открывая пути к освоению сложных саморегулирующихся систем. В отличие от малых систем такие объекты характеризуются уровневой организацией, наличием относительно автономных и вариабельных подсистем, массовым стохастическим взаимодействием их элементов, существованием управляющего уровня и обратных связей, обеспечивающих целостность системы.

Именно включение таких объектов в процесс научного исследования вызвало резкие перестройки в картинах реальности ведущих областей естествознания. Процессы интеграции этих картин и развитие общенаучной картины мира стали осуществляться на базе представлений о природе как сложной динамической системе. Этому способствовало открытие специфики законов микро-, макро- и мегамира в физике и космологии, интенсивное исследование механизмов наследственности в тесной связи с изучением надорганизменных уровней организации жизни, обнаружение кибернетикой общих законов управления и обратной связи. Тем самым создавались предпосылки для построения целостной картины природы, в которой прослеживалась иерархическая организованность Вселенной как сложного динамического единства. Картины реальности, вырабатываемые в отдельных науках, на этом этапе еще сохраняли свою самостоятельность, но каждая из них участвовала в формировании представлений, которые затем включались в общенаучную картину мира. Последняя, в свою очередь, рассматривалась не как точный и окончательный портрет природы, а как постоянно уточняемая и развивающаяся система относительно истинного знания о мире.

Все эти радикальные сдвиги в представлениях о мире и процедурах его исследования сопровождались формированием новых философских оснований науки.

Идея исторической изменчивости научного знания, относительной истинности вырабатываемых в науке онтологических принципов соединялась с новыми представлениями об активности субъекта познания. Он рассматривался уже не как дистанцированный от изучаемого мира, а как находящийся внутри него, детерминированный им. Возникает понимание того обстоятельства, что ответы природы на наши вопросы определяются не только устройством самой природы, но и способом нашей постановки вопросов, который зависит от исторического развития средств и методов познавательной деятельности. На этой основе выросло новое понимание категорий истины, объективности, факта, теории, объяснения и т.п.

Радикально видоизменялась и “онтологическая подсистема” философских оснований науки. Развитие квантово-релятивистской физики, биологии и кибернетики было связано с включением новых смыслов в категории части и целого, причинности, случайности и необходимости, вещи, процесса, состояния и

др. В принципе можно показать, что эта “категориальная сетка” вводила новый образ объекта, который представал как сложная система. Представления о соотношении части и целого применительно к таким системам включают идеи несводимости состояний целого к сумме состояний его частей. Важную роль при описании динамики системы начинают играть категории случайности, потенциально возможного и действительного. Причинность не может быть сведена только к ее лапласовской формулировке — возникает понятие “вероятностной причинности”, которое расширяет смысл традиционного понимания данной категории. Новым содержанием наполняется категория объекта: он рассматривается уже не как себестоительная вещь (тело), а как процесс, воспроизводящий некоторые устойчивые состояния и изменчивый в ряде других характеристик.

Все описанные перестройки оснований науки, характеризовавшие глобальные революции в естествознании, были вызваны не только его экспансией в новые предметные области и обнаружением новых типов объектов, но и изменениями места и функций науки в общественной жизни.

Основания естествознания в эпоху его становления (первая революция) складывались в контексте рационалистического мировоззрения ранних буржуазных революций, формирования нового (по сравнению с идеологией Средневековья) понимания отношений человека к природе, новых представлений о предназначении познания, истинности знаний и т.п.

Становление оснований дисциплинарного естествознания конца XVIII — первой половины XIX века происходило на фоне резко усиливающейся производительной роли науки, превращения научных знаний в особый продукт, имеющий товарную цену и приносящий прибыль при его производственном потреблении. В этот период начинает формироваться система прикладных и инженерно-технических наук как посредника между фундаментальными знаниями и производством. Различные сферы научной деятельности специализируются и складываются соответствующие этой специализации научные сообщества.

Переход от классического к неклассическому естествознанию был подготовлен изменением структур духовного производства в европейской культуре второй половины XIX — начала XX века, кризисом мировоззренческих установок классического рационализма, формированием в различных сферах духовной культуры нового понимания рациональности, когда сознание, постигающее действительность, постоянно наталкивается на ситуации своей погруженности в саму эту действительность, ощущая свою зависимость от социальных обстоятельств, которые во многом определяют установки познания, его ценностные и целевые ориентации[89].

В современную эпоху, в последнюю треть нашего столетия мы являемся свидетелями новых радикальных изменений в основаниях науки. Эти изменения можно охарактеризовать как *четвертую* глобальную научную революцию, в ходе которой рождается новая *постнеклассическая наука*.

Интенсивное применение научных знаний практически во всех сферах социальной жизни, революция в средствах хранения и получения знаний (компьютеризация науки, появление сложных и дорогостоящих приборных комплексов, которые обслуживают исследовательские коллективы и функционируют аналогично средствам промышленного производства и т.д.), меняет характер научной деятельности. Наряду с дисциплинарными исследованиями на передний план все более выдвигаются междисциплинарные и проблемно-ориентированные формы исследовательской деятельности. Если классическая наука была ориентирована на постижение все более сужающегося, изолированного фрагмента действительности, выступавшего в качестве предмета той или иной научной дисциплины, то специфику современной науки конца XX века определяют

комплексные исследовательские программы, в которых принимают участие специалисты различных областей знания. Организация таких исследований во многом зависит от определения приоритетных направлений, их финансирования, подготовки кадров и др. В самом же процессе определения научно-исследовательских приоритетов наряду с собственно познавательными целями все большую роль начинают играть цели экономического и социально-политического характера.

Реализация комплексных программ порождает особую ситуацию срачивания в единой системе деятельности теоретических и экспериментальных исследований, прикладных и фундаментальных знаний, интенсификации прямых и обратных связей между ними. В результате усиливаются процессы взаимодействия принципов и представлений картин реальности, формирующихся в различных науках. Все чаще изменения этих картин протекают не столько под влиянием внутридисциплинарных факторов, сколько путем “парадигмальной прививки” идей, транслируемых из других наук. В этом процессе постепенно стираются жесткие разграничительные линии между картинами реальности, определяющими видение предмета той или иной науки. Они становятся взаимозависимыми и предстают в качестве фрагментов целостной общенаучной картины мира.

На ее развитие оказывают влияние не только достижения фундаментальных наук, но и результаты междисциплинарных прикладных исследований. В этой связи уместно, например, напомнить, что идеи синергетики, вызывающие переворот в системе наших представлений о природе, возникали и разрабатывались в ходе многочисленных прикладных исследований, выявивших эффекты фазовых переходов и образования диссипативных структур (структуры в жидкостях, химические волны, лазерные пучки, неустойчивости плазмы, явления выхлопа и флаттера).

В междисциплинарных исследованиях наука, как правило, сталкивается с такими сложными системными объектами, которые в отдельных дисциплинах зачастую изучаются лишь фрагментарно, поэтому эффекты их системности могут быть вообще не обнаружены при узкодисциплинарном подходе, а выявляются только при синтезе фундаментальных и прикладных задач в проблемно-ориентированном поиске.

Объектами современных междисциплинарных исследований все чаще становятся уникальные системы, характеризующиеся открытостью и саморазвитием. Такого типа объекты постепенно начинают определять и характер предметных областей основных фундаментальных наук, детерминируя облик современной, постнеклассической науки.

Исторически развивающиеся системы представляют собой более сложный тип объекта даже по сравнению с саморегулирующимися системами. Последние выступают особым состоянием динамики исторического объекта, своеобразным срезом, устойчивой стадией его эволюции. Сама же историческая эволюция характеризуется переходом от одной относительно устойчивой системы к другой системе с новой уровневой организацией элементов и саморегуляцией. Формирование каждого нового уровня системы сопровождается ее прохождением через состояния неустойчивости (точки бифуркации), и в эти моменты небольшие случайные воздействия могут привести к появлению новых структур. Деятельность с такими системами требует принципиально новых стратегий. Саморазвивающиеся системы характеризуются кооперативными эффектами, принципиальной необратимостью процессов. Взаимодействие с ними человека протекает таким образом, что само человеческое действие не является чем-то внешним, а как бы включается в систему, видоизменяя каждый раз поле ее возможных состояний. Включаясь во взаимодействие, человек уже имеет дело не с жесткими предметами и

свойствами, а со своеобразными “созвездиями возможностей”. Перед ним в процессе деятельности каждый раз возникает проблема выбора некоторой линии развития из множества возможных путей эволюции системы. Причем сам этот выбор необратим и чаще всего не может быть однозначно просчитан.

В естествознании первыми фундаментальными науками, столкнувшимися с необходимостью учитывать особенности исторически развивающихся систем, были биология, астрономия и науки о Земле. В них сформировались картины реальности, включающие идею историзма и представления об уникальных развивающихся объектах (биосфера, Метагалактика, земля как система взаимодействия геологических, биологических и техногенных процессов). В последние десятилетия на этот путь вступила физика. Представление об исторической эволюции физических объектов постепенно входит в картину физической реальности, с одной стороны, через развитие современной космологии (идея “Большого взрыва” и становления различных видов физических объектов в процессе исторического развития Метагалактики), а с другой — благодаря разработке идей термодинамики неравновесных процессов (И.Пригожин) и синергетики.

Именно идеи эволюции и историзма становятся основой того синтеза картин реальности, вырабатываемых в фундаментальных науках, которые сплавляют их в целостную картину исторического развития природы и человека и делают лишь относительно самостоятельными фрагментами общенаучной картины мира.

Ориентация современной науки на исследование сложных исторически развивающихся систем существенно перестраивает идеалы и нормы исследовательской деятельности. Историчность системного комплексного объекта и вариабельность его поведения предполагают широкое применение особых способов описания и предсказания его состояний — построение сценариев возможных линий развития системы в точках бифуркации. С идеалом строения теории как аксиоматически-дедуктивной системы все больше конкурируют теоретические описания, основанные на применении метода аппроксимации, теоретические схемы, использующие компьютерные программы, и т.д. В естествознание начинает все шире внедряться идеал исторической реконструкции, которая выступает особым типом теоретического знания, ранее применявшимся преимущественно в гуманитарных науках (истории, археологии, историческом языкознании и т.д.).

Образцы исторических реконструкций можно обнаружить не только в дисциплинах, традиционно изучающих эволюционные объекты (биология, геология), но и в современной космологии и астрофизике: современные модели, описывающие развитие Метагалактики, могут быть расценены как исторические реконструкции, посредством которых воспроизводятся основные этапы эволюции этого уникального исторически развивающегося объекта.

Изменяются представления и о стратегиях эмпирического исследования. Идеал воспроизводимости эксперимента применительно к развивающимся системам должен пониматься в особом смысле. Если эти системы типологизируются, т.е. если можно проэкспериментировать над многими образцами, каждый из которых может быть выделен в качестве одного и того же начального состояния, то эксперимент даст один и тот же результат с учетом вероятностных линий эволюции системы.

Но кроме развивающихся систем, которые образуют определенные классы объектов, существуют еще и уникальные исторически развивающиеся системы. Эксперимент, основанный на энергетическом и силовом взаимодействии с такой системой, в принципе не позволит воспроизводить ее в одном и том же начальном состоянии. Сам акт первичного “приготовления” этого состояния меняет систему, направляя ее в новое русло развития, а необратимость процессов развития не позволяет вновь воссоздать начальное состояние. Поэтому для уникальных развивающихся систем требуется особая стратегия экспериментального

исследования. Их эмпирический анализ осуществляется чаще всего методом вычислительного эксперимента на ЭВМ, что позволяет выявить разнообразие возможных структур, которые способна породить система.

Среди исторически развивающихся систем современной науки особое место занимают природные комплексы, в которые включен в качестве компонента сам человек. Примерами таких “человекообразных” комплексов могут служить медико-биологические объекты, объекты экологии, включая биосферу в целом (глобальная экология), объекты биотехнологии (в первую очередь генетической инженерии), системы “человек — машина” (включая сложные информационные комплексы и системы искусственного интеллекта) и т.д.

При изучении “человекообразных” объектов поиск истины оказывается связанным с определением стратегии и возможных направлений преобразования такого объекта, что непосредственно затрагивает гуманистические ценности. С системами такого типа нельзя свободно экспериментировать. В процессе их исследования и практического освоения особую роль начинают играть знание запретов на некоторые стратегии взаимодействия, потенциально содержащие в себе катастрофические последствия.

В этой связи трансформируется идеал ценностно нейтрального исследования. Объективно истинное объяснение и описание применительно к “человекообразным” объектам не только допускает, но и предполагает включение аксиологических факторов в состав объясняющих положений. Возникает необходимость экспликации связей фундаментальных внутринаучных ценностей (поиск истины, рост знаний) с внеучными ценностями общесоциального характера. В современных программно-ориентированных исследованиях эта экспликация осуществляется при социальной экспертизе программ. Вместе с тем в ходе самой исследовательской деятельности с человекообразными объектами исследователю приходится решать ряд проблем этического характера, определяя границы возможного вмешательства в объект. Внутренняя этика науки, стимулирующая поиск истины и ориентацию на приращение нового знания, постоянно соотносится в этих условиях с общегуманистическими принципами и ценностями. Развитие всех этих новых методологических установок и представлений об исследуемых объектах приводит к существенной модернизации философских оснований науки.

Научное познание начинает рассматриваться в контексте социальных условий его бытия и его социальных последствий как особая часть жизни общества, детерминируемая на каждом этапе своего развития общим состоянием культуры данной исторической эпохи, ее ценностными ориентациями и мировоззренческими установками. Осмысливается историческая изменчивость не только онтологических постулатов, но и самих идеалов и норм познания. Соответственно развивается и обогащается содержание категорий “теория”, “метод”, “факт”, “обоснование”, “объяснение” и т.п.

В онтологической составляющей философских оснований науки начинает доминировать “категориальная матрица”, обеспечивающая понимание и познание развивающихся объектов. Возникают новые понимания категорий пространства и времени (учет исторического времени системы, иерархии пространственно-временных форм), категорий возможности и действительности (идея множества потенциально возможных линий развития в точках бифуркации), категории детерминации (предшествующая история определяет избирательное реагирование системы на внешние воздействия) и др.

Три крупных стадии исторического развития науки, каждую из которых открывает глобальная научная революция, можно охарактеризовать как три исторических типа научной рациональности, сменявшие друг друга в истории

техногенной цивилизации. Это — *классическая рациональность* (соответствующая классической науке в двух ее состояниях — дисциплинарном и дисциплинарно-организованном); *неклассическая рациональность* (соответствующая неклассической науке) и *постнеклассическая рациональность*. Между ними, как этапами развития науки, существуют своеобразные “перекрытия”, причем появление каждого нового типа рациональности не отбрасывало предшествующего, а только ограничивало сферу его действия, определяя его применимость только к определенным типам проблем и задач.

Каждый этап характеризуется особым состоянием научной деятельности, направленной на постоянный рост объективно-истинного знания. Если схематично представить эту деятельность как отношения “субъект-средства-объект” (включая в понимание субъекта ценностно-целевые структуры деятельности, знания и навыки применения методов и средств), то описанные этапы эволюции науки, выступающие в качестве разных типов научной рациональности, характеризуются различной глубиной рефлексии по отношению к самой научной деятельности.

Классический тип научной рациональности, центрируя внимание на объекте, стремится при теоретическом объяснении и описании элиминировать все, что относится к субъекту, средствам и операциям его деятельности. Такая элиминация рассматривается как необходимое условие получения объективно-истинного знания о мире. Цели и ценности науки, определяющие стратегии исследования и способы фрагментации мира, на этом этапе, как и на всех остальных, детерминированы доминирующими в культуре мировоззренческими установками и ценностными ориентациями. Но классическая наука не осмысливает этих детерминаций.

Схематично этот тип научной деятельности может быть представлен следующим образом:

Внутринаучные ценности и цели

С
(субъект
познания)

Ср.
(средства)

[O]
(объект)

операции

Социальные ценности и цели

Неклассический тип научной рациональности учитывает связи между знаниями об объекте и характером средств и операций деятельности. Экспликация этих связей рассматривается в качестве условий объективно-истинного описания и объяснения мира. Но связи между внутринаучными и социальными ценностями и целями по-прежнему не являются предметом научной рефлексии, хотя имплицитно они определяют характер знаний (определяют, что именно и каким способом мы выделяем и осмысливаем в мире).

Этот тип научной деятельности можно схематично изобразить в следующем виде:

Внутринаучные ценности и цели

C
(субъект
познания)

{Cp.
(средства)

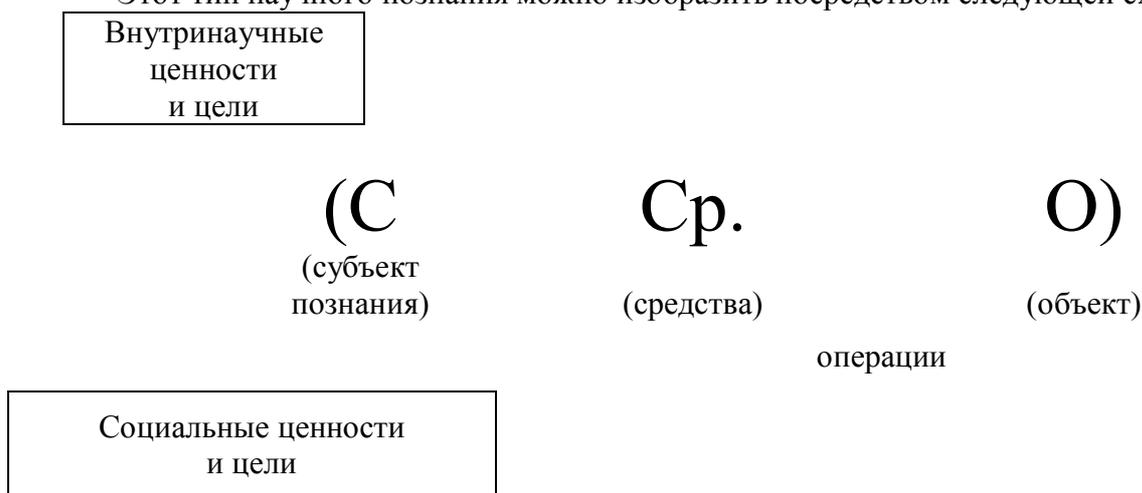
O}
(объект)

операции

Социальные ценности и цели

Постнеклассический тип научной рациональности расширяет поле рефлексии над деятельностью. Он учитывает соотнесенность получаемых знаний об объекте не только с особенностью средств и операций деятельности, но и с ценностно-целевыми структурами. Причем эксплицируется связь внутринаучных целей с вненаучными, социальными ценностями и целями.

Этот тип научного познания можно изобразить посредством следующей схемы:



Каждый новый тип научной рациональности характеризуется особыми, свойственными ему основаниями науки, которые позволяют выделить в мире и исследовать соответствующие типы системных объектов (простые, сложные, саморазвивающиеся системы). При этом возникновение нового типа рациональности и нового образа науки не следует понимать упрощенно в том смысле, что каждый новый этап приводит к полному исчезновению представлений и методологических установок предшествующего этапа. Напротив, между ними существует преемственность. Неклассическая наука вовсе не уничтожила классическую рациональность, а только ограничила сферу ее действия. При решении ряда задач неклассические представления о мире и познании оказывались избыточными, и исследователь мог ориентироваться на традиционно классические образцы (например, при решении ряда задач небесной механики не требовалось привлекать нормы квантово-релятивистского описания, а достаточно было ограничиться классическими нормативами исследования). Точно так же становление постнеклассической науки не приводит к уничтожению всех представлений и познавательных установок неклассического и классического исследования. Они будут использоваться в некоторых познавательных ситуациях, но только утратят статус доминирующих и определяющих облик науки.

Когда современная наука на переднем крае своего поиска поставила в центр исследований уникальные, исторически развивающиеся системы, в которые в качестве особого компонента включен сам человек, то требование экспликации ценностей в этой ситуации не только не противоречит традиционной установке на получение объективно-истинных знаний о мире, но и выступает предпосылкой реализации этой установки. Есть все основания полагать, что по мере развития современной науки эти процессы будут усиливаться. Техногенная цивилизация ныне вступает в полосу особого типа прогресса, когда гуманистические ориентиры становятся исходными в определении стратегий научного поиска.

Примечания

[1] Мы обращаемся к анализу указанного фрагмента истории физики потому, что перестройка оснований научного поиска в данном случае сопровождалось изменением всех компонентов оснований, включая идеалы и нормы исследования и философские основания науки.

[2] В отечественной методологической литературе парадоксы такого типа рассматривались как “противоречия встречи” двух различных теорий (в данном случае – механики и электродинамики). В свое время этот подход был реализован в

работе М.И. Подгорецкого и Я.А. Смородинского (см.: Подгорецкий М.И., Смородинский Я.А. Об аксиоматической структуре физических теорий // Вопросы теории познания. Выпуск 1. М., 1969). Позднее этот подход был развит в монографии Р.М. Нугаева (см.: Нугаев Р.М. Реконструкция процесса смены фундаментальных научных теорий. Киев, 1989). Не отрицая важности всех этих результатов, я хотел бы особо подчеркнуть, что “встреча” физических теорий осуществляется благодаря их отображению на физическую картину мира, которая выступает системообразующим фактором по отношению к другим компонентам теоретических знаний физики.

[3] С этих позиций можно интерпретировать проблемную ситуацию возникшую в связи с планковским открытием кванта действия. Задача об излучении абсолютно черного тела вначале действительно была довольно частной физической задачей, которая лежала в русле программы исследований, заданной электродинамической картиной мира. Последняя очерчивала и средства решения данной задачи — понятийные аппараты термодинамики и электродинамики Максвелла—Лоренца. Применение этих средств позволило построить модель излучения абсолютно черного тела, адаптация которой к опыту(перестройка в процессе этой адаптации) привела к открытию Планка. Закон излучения, предложенный Планком. (согласовывался со всеми опытными данными (и в этом смысле специальная задача была решена). Однако при отображении модели, относительно которой был сформулирован закон, на электродинамическую картину мира возникал парадокс: в модели предполагалось, что осцилляторы поглощают и испускают электромагнитную энергию порциями, кратными $h\nu$, тогда как в картине мира электромагнитное излучение рассматривалось как непрерывная среда. Отсюда возникала проблема: какова действительная природа электромагнитного поля? Решение этой проблемы было связано с последующей перестройкой электродинамической картины мира, с введением в нее представлений о корпускулярно-волновом характере электромагнитного поля (идея фотонов).

[4] См., *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. М., 1967. С. 266—267.

[5] *Холтон Дж.* Эйнштейн о физической реальности // Эйнштейновский сборник, 1969—1970. М., 1970. С. 218—226.

[6] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 4. С. 15.

[7] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 1. М., 1965. С. 66.

[8] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 4. С. 136.

[9] См., напр.: *Мамчур Е.А.* Проблема выбора теории. М., 1975.

[10] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 2. М., 1966. С. 120.

[11] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 4. С. 279.

[12] *Чудинов Э.М.* Указ.соч. С. 40.

[13] См., напр.: *Мамчур Е.А.* Проблема выбора теории.

[14] Классической наукой принято называть период развития естествознания до революции конца XIX—начала XX вв., отличая ее от науки XX века (современная наука).

[15] О различии классического и современного этапов развития философии и о специфике познавательных установок, характеризующих каждый из этих этапов, см.: *Мамардашвили М.К., Соловьев Э.Ю., Швырев В.С.* Классика и современность: две эпохи в развитии буржуазной философии // Философия в современном мире. Философия и наука. М., 1972.

[16] См. подробнее: Идеалы и нормы научного исследования. С.37—56.

[17] Нелишне напомнить, что в своих историко-научных исследованиях Э.Мах иногда использовал термин “опыт” и в ином смысле. Он отходил от истолкования опыта как совокупности перцепций познающего субъекта, а трактовал его как практическое действие, как эксперимент, обеспечивающий получение данных

наблюдения. Подавляющее большинство конструктивных идей Маха были связаны именно с этим, неявно применяемым пониманием.

[18] *Холтон Дж.* Тематический анализ науки. М., 1981. С. 70—95.

[19] Там же. С. 81.

[20] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 4. М., 1967. С. 277.

[21] См.: *Якобсон Р.* Избранные работы. М., 1985. С. 307—308.

[22] Там же. С. 309.

[23] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 1. М., 1965. С. 175.

[24] Хотя все приведенные выше обоснования фундаментального методологического статуса принципа относительности не эксплицировались Эйнштейном, понимание и осознание самого этого статуса достаточно четко прослеживается в работах создателя теории относительности.

[25] Именно этот способ постановки проблем, как выражение новых идеалов и нормативов обоснования теории, характеризовал эйнштейновское творчество периода построения теории относительности. Отметим, что он стимулировал не только создание СТО, но и переход к ОТО. Процесс такого перехода был связан с обобщением принципа относительности: выделением глубинного содержания этого принципа как презумпции физического измерения (законы природы проявляются одинаково во всех системах отсчета) и распространением принципа относительности на неинерциальные системы. Ответ на вопрос, как будет выглядеть природа при такой новой схеме измерения, приводил к построению ОТО.

[26] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 1. М., 1965. С. 7.

[27] *Холтон Дж.* Эйнштейн, Майкельсон и “решающий” эксперимент // Эйнштейновский сборник, 1972. М., 1974.

[28] *Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 1. М., 1965. С. 7—8.

[29] Там же. С. 179.

[30] Там же. С. 146, 179.

[31] Анализируя синхронизацию часов, Эйнштейн наталкивается на кажущееся противоречие: чтобы измерить время, следует синхронизировать часы, расположенные в различных точках системы отсчета, что может быть достигнуто с помощью световых сигналов; но в этом случае необходимо знать точное значение скорости света при его прохождении от одних часов (в точке А) к другим (в точке В), а измерение скорости света, в свою очередь, предполагало понятие времени. Возникал логический круг. (*Эйнштейн А.* Собр. науч. трудов. Т. 1. С. 34, 223). Выход из него был найден за счет допущения, что скорость света не зависит от направления движения светового луча (скорость из А в В равна скорости из В в А). Такое допущение, хотя и выглядит конвенцией, имеет определенные основания, если учесть, ранее введенный Эйнштейном постулат постоянства скорости света.

[32] См. *Кесуани Дж.* Возникновение теории относительности // Принцип относительности. М., 1973. С. 269.

[33] Там же. С. 247.

[34] *Тяпкин А.А.* Об истории формирования идей специальной теории относительности // Принцип относительности. М., 1973. С. 303.

[35] М.М.Бахтин назвал этот способ построения художественного произведения полифоническим романом, подчеркивая, что творчество Достоевского выступает в качестве утверждения этой принципиально новой формы, разрушающей традицию монологического (гомофонического) романа, доминировавшего в европейской культуре (*Бахтин М.М.* Проблемы поэтики Достоевского. М., 1979. С. 320).

[36] См. подробнее: *Степин В.С., Кузнецова Л.Ф.* Идеалы объяснения и проблема взаимодействия наук // Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981. С. 260—279.

- [37] Цит. по кн.: *Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики с древнейших времен до конца XVIII века. М., 1974. С. 188.
- [38] *Ламарк Ж.-Б.* Философия зоологии. М., 1937. Ч. 2. С. 61—70.
- [39] *Ламарк Ж.-Б.* Избр. произведения. М., 1959. Т. 2. С. 148.
- [40] *Ламетри Ж.О.* Соч. М., 1983. С. 219.
- [41] Там же. С. 183.
- [42] Там же. С. 209.
- [43] *Гольбах П.* Система природы. М., 1940. С. 47.
- [44] Там же. С. 52.
- [45] *Гольбах П.* Система природы. С. 47—48.
- [46] *Сен-Симон А.* Избр. соч. М.-Л., 1948. Т. 1. С. 212.
- [47] Там же. С. 288.
- [48] Там же. С. 234.
- [49] *Фурье Ш.* Избр. соч. М.-Л., 1951. Т. 1. С. 83—108.
- [50] См.: *Тоффлер О.* Наука и изменение // Предисловие к кн.: *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986. С. 14.
- [51] *Джуа М.* История химии. М., 1975. С. 93.
- [52] *Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики с древнейших времен до конца XVIII века. М., 1974. С. 23.
- [53] *Соловьев Ю.И.* Эволюция основных теоретических проблем химии. С. 24.
- [54] *Соловьев Ю.И.* Эволюция основных теоретических проблем химии. С. 24.
- [55] *Джуа М.* История химии. С. 93.
- [56] Одним из первых эту идею выдвинул И.Ньютон, ее обосновывали Ж.Био и П.Лаплас, а затем она стала целенаправлять исследования И.Рихтера, А.Лавуазье, Л.Пруста, К.Бертолле и др. См.: *Соловьев Ю.И.* Эволюция основных теоретических проблем химии. С. 90—99.
- [57] Цит. по: *Соловьев Ю.И., Курашов В.И.* Химия на перекрестке наук. М., 1983. С. 108.
- [58] Становление химии как науки. М., 1983. С. 108.
- [59] *Лавуазье А.* Предварительное рассуждение из “начального учебника химии” // Успехи химии. М., 1943. Вып. 5. № 12. С. 362.
- [60] *Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики с начала XIX века до середины XX века. М., 1979. С. 127.
- [61] Там же.
- [62] *Ламарк Ж.-Б.* Философия зоологии. С. 249.
- [63] *Ламарк Ж.-Б.* Избр. произведения. Т. 1. С. 365.
- [64] См.: *Равикович А.И.* Чарльз Лайель. М., 1976. С. 42—43.
- [65] *Мендель Г.* Опыты над растительными гибридами. М., 1929.
- [66] См.: *Пастушный С.А.* Генетика как объект философского анализа. М., 1981. С. 17.
- [67] См.: *Спенсер Г.* Синтетическая философия. Киев, 1997. С. 282-299.
- [68] См.: *Rorty P.* Historiography of Philosophy: Four Genres // Philosophy in History. Essays on the Historiography of Philosophy. Cambridge etc, 1985. P. 67.
- [69] *Кузнецов В.И.* Диалектика развития химии. М., 1973. С. 289—293, 295.
- [70] *Шмальгаузен И.И.* Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968. С. 103.
- [71] *Шмальгаузен И.И.* Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968. С. 103.
- [72] Там же. С. 147
- [73] *Берг Р.Л., Ляпунов А.А.* Предисловие к кн. И.И.Шмальгаузена “Кибернетические вопросы биологии”. Новосибирск, 1968. С. 13.
- [74] Там же.

- [75] Там же.
- [76] История биологии с начала XX века до наших дней. М., 1975. С. 591—592.
- [77] См.: *Шаумян С.* Структурная лингвистика. М., 1965. С. 97—135, 370—373.
- [78] См.: Там же. С. 370—373.
- [79] *Якобсон Р.* Избранные работы. М., 1985. С. 389—390.
- [80] Там же. С. 393—394.
- [81] Там же. С. 394.
- [82] *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Т. 1—2. М., 1976. С. 23.
- [83] В данном случае речь идет только о таких исследовательских программах, которые характеризуются особенностями принятых оснований исследования.
- [84] См.: *Мандельштам Л.И.* Введение // Из предыстории радио. М., 1948. С. 20.
- [85] См.: *Фейнман Р.* Характер физических законов. М., 1968. С. 195—196.
- [86] Там же. С. 199.
- [87] *Мамардашвили М.К.* Анализ сознания в работах Маркса // Вопросы философии. 1968. № 6. С. 19.
- [88] См.: *Сачков Ю.В.* Проблема стиля мышления в естествознании // Философия и естествознание. М., 1974. С. 71—72; *Сачков Ю.В.* Случайность формообразующая // Самоорганизация и наука. М., 1994. С. 132—133.
- [89] См.: *Мамардашвили М.К., Соловьев Э.Ю., Швырев В.С.* Классика и современность: две эпохи в развитии буржуазной философии // Философия в современном мире. Философия и наука. М., 1972.

Глава VII

Стратегии теоретического исследования в эпоху постнеклассической науки

Универсальный эволюционизм—основа современной научной картины мира

Переход науки к постнеклассической стадии развития создал новые предпосылки формирования единой научной картины мира^[1]. Длительное время идея этого единства существовала как идеал. Но в последней трети XX века возникли реальные возможности объединения представлений о трех основных сферах бытия — неживой природе, органическом мире и социальной жизни — в целостную научную картину на основе базисных принципов, имеющих общенаучный статус.

Эти принципы, не отрицая специфики каждой конкретной отрасли знания, в то же время выступают в качестве инварианта в многообразии различных дисциплинарных онтологий. Формирование таких принципов было связано с переосмыслением оснований многих научных дисциплин. Одновременно они выступают как один из аспектов великой культурной трансформации, происходящей в нашу эпоху^[2].

Если кратко охарактеризовать современные тенденции синтеза научных знаний, то они выражаются в стремлении построить общенаучную картину мира на основе принципов универсального эволюционизма, объединяющих в единое целое идеи системного и эволюционного подходов.

Становление эволюционных идей имеет достаточно длительную историю. Уже в XIX веке они нашли применение в некоторых областях знания, но воспринимались скорее как исключение по отношению к миру в целом [3].

Принцип эволюции получил наиболее полную разработку в рамках биологии и стал ее фундаментальным принципом со времен Ч. Дарвина. Однако вплоть до наших дней он не был доминирующим в естествознании. Во многом это было связано с тем, что длительное время лидирующей научной дисциплиной выступала физика, которая транслировала свои идеалы и нормы в другие отрасли знания. Физика традиционно исследовала фундаментальные структуры мироздания и поэтому она всегда была в числе наук, претендующих на формирование базисных идей общенаучной картины мира. Но физика на протяжении большей части своей истории в явном виде не включала в число своих фундаментальных принципов принцип развития.

Что же касается биологии, то она не достигла высокого статуса теоретически развитой науки, она и сейчас находится скорее на пути к теоретизации. Ее представления относились к области живой природы, которая традиционно не полагалась фундаментом мироздания. Поэтому, участвуя в построении общенаучной картины мира, биология длительное время не претендовала на то, чтобы ее фундаментальные идеи и принципы приобрели универсальный общенаучный смысл, применялись бы во всех других областях исследования.

Парадигмальная несовместимость классической физики и биологии обнаружилась в XIX столетии как противоречие между положениями эволюционной теории Дарвина и второго начала термодинамики.

Согласно эволюционной теории, в мире происходит непрерывное появление все более сложно организованных живых систем, упорядоченных форм и состояний живого. Второе начало термодинамики демонстрировало, что эволюция физических систем приводит к ситуации, когда изолированная система целеустремленно и необратимо смещается к состоянию равновесия.

Иначе говоря, если биологическая теория говорила о созидании в процессе эволюции все более сложных и упорядоченных живых систем, то термодинамика — о разрушении, о непрерывном росте энтропии. Эти коллизии между физикой и биологией требовали своего разрешения и предпосылками тому могло бы выступить эволюционное рассмотрение Вселенной в целом, трансляция эволюционного подхода в физику, приводящего к переформулировкам фундаментальных физических теорий. Но эта ситуация возникла только в настоящее время, в науке последней трети XX столетия.

Представления об универсальности процессов эволюции во Вселенной реализуются в современной науке в концепции глобального (универсального) эволюционизма. Его принципы позволяют единообразно описать огромное разнообразие процессов, протекающих в неживой природе, живом веществе, обществе [4].

Концепция универсального эволюционизма базируется на определенной совокупности знаний, полученных в рамках конкретных научных дисциплин, и вместе с тем включает в свой состав ряд философско-мировоззренческих установок. Она относится к тому слою знания, который принято обозначать понятием “научная картина мира”.

Почему же именно для современного этапа функционирования науки идеи универсального эволюционизма оказались принципиально значимыми, позволяющими выработать общую картину единого процесса развития природы и общества? Прежде чем ответить на этот вопрос, необходимо уточнить, что понимается под универсальным эволюционизмом, и выяснить, что способствовало

утверждению в науке его идей, причем не на уровне метафизических рассуждений, но как обобщение конкретно-научных данных.

Универсальный (глобальный) эволюционизм[5] характеризуется часто как принцип, обеспечивающий экстраполяцию эволюционных идей, получивших обоснование в биологии, а также в астрономии и геологии, на все сферы действительности и рассмотрение неживой, живой и социальной материи как единого универсального эволюционного процесса.

Это действительно очень важный аспект в понимании глобального эволюционизма. Но он не исчерпывает содержания данного принципа. Важно учесть, что сам эволюционный подход в XX столетии приобрел новые черты, отличающие его от классического эволюционизма XIX века, который описывал скорее феноменологию развития, нежели системные характеристики развивающихся объектов.

Возникновение в 40-50-х годах нашего столетия общей теории систем и становление системного подхода внесло принципиально новое содержание в концепции эволюционизма. Идея системного рассмотрения объектов оказалась весьма эвристической прежде всего в рамках биологической науки, где она привела к разработке проблемы структурных уровней организации живой материи, анализу различного рода связей как в рамках определенной системы, так и между системами разной степени сложности. Системное рассмотрение объекта предполагает прежде всего выявление целостности исследуемой системы, ее взаимосвязей с окружающей средой, анализ в рамках целостной системы свойств составляющих ее элементов и их взаимосвязей между собой. Системный подход, развиваемый в биологии, рассматривает объекты не просто как системы, а как самоорганизующиеся системы, носящие открытый характер. Причем, как отмечает Н.Н.Моисеев, сегодня мы представляем себе процессы эволюции, самоорганизации материи шире, чем во времена Дарвина, и понятия наследственности, изменчивости, отбора приобретают для нас иное, более глубокое содержание[6].

С его точки зрения, все, что происходит в мире, действие всех природных и социальных законов можно представить как постоянный отбор, когда из мыслимого выбирается возможное. В этом смысле все динамические системы обладают способностью “выбирать”, хотя конкретные результаты “выбора”, как правило, не могут быть предсказаны заранее.

Н.Н.Моисеев указывает, что можно выделить два типа механизмов, регулирующих такой “выбор”. С одной стороны, адаптационные, под действием которых система не приобретает принципиально новых свойств, а с другой, так называемые бифуркационные, связанные с радикальной перестройкой системы. Но кроме этих механизмов для объяснения самоорганизации необходимо выделить еще одну важную характеристику направленности самоорганизующихся процессов, которую Н.Н.Моисеев обозначает как принцип экономии энтропии, дающей “преимущество” сложным системам перед простыми. Этот принцип звучит так: если в данных условиях возможны несколько типов организации материи, не противоречащих законам сохранения и другим принципам, то реализуется и сохранит наибольшие шансы на стабильность и последующее развитие именно тот, который позволяет утилизировать внешнюю энергию в наибольших масштабах, наиболее эффективно[7].

Формирование самоорганизующихся систем можно рассматривать в качестве особой стадии развивающегося объекта, своего рода “синхронный срез” некоторого этапа его эволюции. Сама же эволюция может быть представлена как переход от одного типа самоорганизующейся системы к другому (“диахронный срез”). В результате анализ эволюционных характеристик оказывается неразрывно связанным с системным рассмотрением объектов.

Универсальный эволюционизм как раз и представляет собой соединение идеи эволюции с идеями системного подхода. В этом отношении универсальный эволюционизм не только распространяет развитие на все сферы бытия (устанавливая универсальную связь между неживой, живой и социальной материей), но преодолевает ограниченность феноменологического описания развития, связывая такое описание с идеями и методами системного анализа.

В обоснование универсального эволюционизма внесли свою лепту многие естественнонаучные дисциплины[8].

Но определяющее значение в его утверждении как принципа построения современной общенаучной картины мира сыграли три важнейших концептуальных направления в науке XX века: во-первых, теория нестационарной Вселенной; во-вторых, синергетика; в-третьих, теория биологической эволюции и развитая на ее основе концепция биосферы и ноосферы.

Начало XX столетия ознаменовалось цепью научных революций, среди которых существенное место заняла революция в астрономии. Она сыграла важную роль в утверждении идеи эволюции в неорганической природе и вызвала радикальную перестройку представлений о Вселенной.

Речь идет о разработке теории расширяющейся Вселенной. Эта теория вводила следующие представления о космической эволюции: примерно 15-20 млрд. лет назад из точки сингулярности в результате Большого взрыва началось расширение Вселенной, которая вначале была горячей и очень плотной, но по мере расширения охлаждалась, а вещество во Вселенной по мере остывания конденсировалось в галактики. Последние, в свою очередь, разбивались на звезды, собирались вместе, образуя большие скопления. В процессе рождения и умирания первых поколений звезд происходило синтезирование тяжелых элементов. После превращения звезд в красные гиганты, они выбрасывали вещество, конденсирующееся в пылевых структурах. Из газовой-пылевой облаков образовывались новые звезды и возникало многообразие космических тел[9]. Теория Большого взрыва рисовала картину эволюции Вселенной в целом. В ее истоках лежало открытие А.А.Фридмана, которое поставило под сомнение выводы А.Эйнштейна о пространственной конечности Вселенной и ее четырехмерной цилиндрической форме и постулат о стационарности Вселенной во времени. Анализируя “мировые уравнения” Эйнштейна, описывающие метрику четырехмерного искривленного пространства-времени, Фридман нашел нестационарные решения мировых уравнений и предложил три возможных модели Вселенной. В двух из них радиус кривизны пространства должен был расти и Вселенная, соответственно, расширяться; третья модель предлагала картину пульсирующей Вселенной с периодически меняющимся радиусом кривизны[10].

Модель расширяющейся Вселенной вела к трем важным предсказаниям, которые впоследствии оказалось возможным проверить путем эмпирических наблюдений. Речь идет, во-первых, о том, что по мере расширения Вселенной галактики удаляются друг от друга со скоростью, пропорциональной расстоянию между ними; во-вторых, эта модель предсказывала существование микроволнового фонового излучения, пронизывающего всю Вселенную и являющуюся реликтовым остатком его горячего состояния в начале расширения; в-третьих, данная модель предсказывала образование легких химических элементов из протонов и нейтронов в первую минуту после начала расширения[11].

Модель расширяющейся Вселенной существенно трансформировала наши представления о мире. Она требовала включить в научную картину мира идею космической эволюции. Тем самым создавалась реальная возможность описать в терминах эволюции неорганический мир, обнаруживая общие эволюционные

характеристики различных уровней его организации и в конечном счете построить на этих основаниях целостную картину мира.

В середине нашего столетия идеям эволюции Вселенной был дан новый импульс. Теория расширяющейся Вселенной, достаточно хорошо описывая события, которые имели место через секунду после начала расширения, испытывала значительные трудности при попытках охарактеризовать наиболее загадочные этапы этой эволюции от первовзрыва до мировой секунды после него. Ответы на эти вопросы во многом были даны в рамках теории раздувающейся Вселенной. Эта теория возникла на стыке космологии и физики элементарных частиц. Ключевым элементом раздувающейся Вселенной была так называемая “инфляционная фаза” — стадия ускоренного расширения. Она продолжалась 10^{-32} сек., и в течение этого времени диаметр Вселенной увеличился в 10^{50} раз. После колоссального расширения окончательно установилась фаза с нарушенной симметрией, что привело к изменению состояния вакуума и рождению огромного числа частиц[12]. В нашей Вселенной преобладает вещество над антивеществом, и в этом смысле мы живем в несимметричной Вселенной. Предсказание асимметрии вещества и антивещества во Вселенной явилось результатом сочетания идей “великого объединения” в теории элементарных частиц с моделью раздувающейся Вселенной. В рамках программы “великого объединения” (унитарные калибровочные теории всех фундаментальных взаимодействий) оказалось возможным описать слабые, сильные и электромагнитные взаимодействия при высоких энергиях, а также достичь существенного прогресса в теории сверхплотного вещества. При изучении последнего было обнаружено, что при изменении температуры в сверхплотном веществе происходит целый ряд фазовых переходов, во время которых резко меняются и свойства вещества, и свойства элементарных частиц, составляющих это вещество. Подобного рода фазовые переходы должны были происходить при охлаждении расширяющейся Вселенной вскоре после большого взрыва. Тем самым была установлена взаимосвязь между эволюцией Вселенной и процессом образования элементарных частиц. Все это давало возможность рассмотреть Вселенную как уникальную лабораторию для проверки современных теорий элементарных частиц[13].

Теория раздувающейся Вселенной радикально меняла наше представление о мире: в частности, претерпевал изменение “взгляд на Вселенную как на нечто однородное и изотропное и сформировалось новое видение Вселенной как состоящей из многих локально однородных и изотропных мини-вселенных, в которых и свойства элементарных частиц, и величина энергии вакуума, и размерность пространства-времени могут быть различными”[14].

Теория раздувающейся Вселенной, трансформируя сложившуюся физическую картину мира, дает новый импульс формированию общенаучной картины мира на основе идей глобального эволюционизма. Она требует корректировки философско-мировоззренческих оснований науки, выдвигая ряд весьма важных проблем мировоззренческого характера. Новая теория позволяет рассматривать наблюдаемую Вселенную лишь в качестве малой части Вселенной как целого, а это значит, что вполне правомерно предположить существование достаточно большого числа эволюционирующих Вселенных[15]. Причем большинство из них в процессе эволюции не способны породить того богатства форм организации, которые свойственны нашей Вселенной (Метагалактике). Но тогда возникает вопрос: почему наша Вселенная такая, как она есть и как в ней возможна прогрессивная эволюция материи? Можно ли считать возникновение жизни на Земле, равно как и происхождение человека, случайным в существующей Вселенной, либо становление человека является закономерным процессом в эволюционирующей Вселенной?

Какое место занимает это событие в процессах эволюции, как сказывается оно на ходе эволюционных процессов?

Один из вариантов ответа основан на так называемом антропном принципе, в основе которого лежит неявное предположение о существовании множества Вселенных, а жизнь возникает там, где складываются для этого особые условия. Согласно одному из вариантов антропного принципа, “то, что мы ожидаем наблюдать, должно быть ограничено условиями, необходимыми для нашего существования как наблюдателей. Хотя наше положение не обязательно является центральным, оно неизбежно в некотором смысле привилегированное”[16]. Эта формулировка антропного принципа позволила Б.Картеру акцентировать внимание в основном на двух его вариантах: “слабом” и “сильном”, которые получили достаточно широкую интерпретацию. Согласно первому, наше положение во Вселенной с необходимостью является привилегированным в том смысле, что оно должно быть совместимо с нашим существованием в качестве наблюдателей. “Сильный” антропный принцип утверждает, что Вселенная должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование наблюдателей[17]. Исследователи всякий раз подчеркивали удивительную согласованность основных свойств Вселенной (А.Л.Зельманов, Г.М.Идлис, П.Девис и др.). Физические параметры (константы физических взаимодействий, массы элементарных частиц, размерность пространства) являются определяющими для существования наличной структуры Вселенной, ибо любое нарушение одного из них могло бы привести к невозможности прогрессивной эволюции, а наше существование как наблюдателей также оказалось бы невозможным. Антропный принцип выводит исследователей в область мировоззренческих проблем, заставляя вновь задуматься над вопросом о месте человека в мире, его отношения к этому миру. Новые данные, полученные в космологии, позволяют предположить, что объективные свойства Вселенной как целого создают возможность возникновения жизни, разума на определенных этапах ее эволюции. Причем потенциальные возможности этих процессов были заложены уже в начальных стадиях развития Метагалактики, когда формировались численные значения мировых констант, определившие характер дальнейших эволюционных изменений[18]. Все эти научные результаты дают основания рассмотреть их как один из факторов утверждения идеи глобального эволюционизма в современной научной картине мира.

Не менее важную роль в утверждении этих идей сыграла теория самоорганизации (синергетика). Термин “синергетика” (греч. — содействие, сотрудничество) использовал Г.Хакен. Специфика синергетики заключается в том, что основное внимание она уделяет когерентному, согласованному состоянию процессов самоорганизации в сложных системах различной природы. Она изучает любые самоорганизующиеся системы, состоящие из многих подсистем (электроны, атомы, молекулы, клетки, нейроны, органы, сложные многоклеточные организмы, люди, сообщества людей)[19]. Для того, чтобы система могла рассматриваться как самоорганизующаяся, она должна удовлетворять по меньшей мере четырем условиям: 1) система должна быть термодинамически открытой; 2) динамические уравнения системы являются нелинейными; 3) отклонение от равновесия превышает критические значения; 4) процессы в системе происходят кооперативно (В.Эбелинг). Самоорганизация начинает рассматриваться как одно из основных свойств движущейся материи и включает все процессы самоструктурирования, саморегуляции, самовоспроизведения. Она выступает как процесс, который приводит к образованию новых структур[20].

Довольно длительное время самоорганизация соотносилась только с живыми системами, что же касается объектов неживой природы, то считалось, что если они и эволюционируют, то лишь в сторону хаоса и беспорядка, что обосновывалось

вторым началом термодинамики. Однако здесь возникала кардинальная проблема — как из подобного рода систем могли возникнуть объекты живой природы, способные к самоорганизации. Вставал важный в методологическом отношении вопрос о взаимоотношении неживой и живой материи. Чтобы ответить на него, требовалось изменить парадигмальные принципы науки и, в частности, устранить разрывы между эволюционной парадигмой биологии и традиционным абстрагированием от эволюционных идей при построении физической картины мира.

Длительное время функционирование физической науки исключало из ее рассмотрения “фактор времени”. Классическая наука преимущественно уделяла внимание устойчивости, равновесности, однородности и порядку. В числе ее объектов были замкнутые системы. Как правило, это были простые объекты, знание законов развития которых позволяло, исходя из информации о состоянии системы в настоящем, однозначно предсказать ее будущее и восстановить прошлое. Для механической картины мира характерен был вневременной характер. Время было несущественным элементом, оно носило обратимый характер, т.е. состояния объектов в прошлом, настоящем и будущем были практически неразличимы. Иначе говоря, мир устроен просто и подчиняется обратимым во времени фундаментальным законам[21]. Все эти принципы и подходы были конкретным выражением неэволюционной парадигмы классической физики. Процессы и явления, которые не укладывались в эту схему, рассматривались как исключение из правил, и считалось, что ими можно было пренебречь.

Постепенное размывание классической парадигмы началось уже в физике XIX века. Первым важным шагом была формулировка второго начала термодинамики, поставившая под вопрос вневременной характер физической картины мира. Согласно второму началу запас энергии во Вселенной иссякает, и “мировая машина фактически должна сбавить обороты, приближаясь к тепловой смерти. Моменты времени оказались нетождественными один другому, и ход событий невозможно повернуть вспять, чтобы воспрепятствовать возрастанию энтропии. В принципе события оказываются невозпроизводимыми, а это означает, что время обладает направленностью. Возникло представление о “стреле времени”[22].

Последующее развитие физики привело к осознанию ограниченности идеализации закрытых систем и описаний в терминах таких систем реальных физических процессов. Подавляющее большинство природных объектов является открытыми системами, обменивающимися энергией, веществом и информацией с окружающим миром, а определяющую роль в радикально изменившемся мире приобретают неустойчивые, неравновесные состояния. С необходимостью учитывать эти особенности все чаще сталкивались фундаментальные науки о неживой природе — физика, химия, космология. Но для их описания оказалась непригодной старая теория. Традиционная парадигма не справлялась с нарастающим количеством аномалий и противоречий, оставляя необъяснимыми многие открываемые явления[23].

Возникла потребность в выработке принципиально нового подхода, адекватного вовлекаемым в орбиту исследования объектам и процессам.

Важный вклад в разработку такого подхода был внесен школой И.Пригожина. В экспериментальных исследованиях было продемонстрировано, что, удаляясь от равновесия, термодинамические системы приобретают принципиально новые свойства и начинают подчиняться особым законам. При сильном отклонении от равновесной термодинамической ситуации возникает новый тип динамического состояния материи, названный Пригожиным диссипативными структурами. Согласно Пригожину, тип диссипативной структуры в значительной степени зависит от условий ее образования, при этом особую роль в отборе механизма

самоорганизации могут играть внешние поля[24]. Этот вывод имеет далеко идущие последствия, если учесть, что он применим ко всем открытым системам, имеющим необратимый характер. Необратимость — это как раз то, что характерно для современных неравновесных состояний. Они “несут в себе стрелу времени” и являются источником порядка, порождая высокие уровни организации[25].

Особую эвристическую ценность приобретают развитые Пригожиным и его коллегами идеи о том, что “стрела времени” проявляется в сочетании со случайностью, когда случайные процессы способны породить переход от одного уровня самоорганизации к другому, кардинально преобразуя систему. Описывая этот механизм, Пригожин подчеркивал, что определяющее значение в данном процессе развития будут иметь внутренние состояния системы, перегруппировка ее компонентов и т.д. Для диссипативных структур характерным является ситуация, обозначаемая как возникновение порядка через флуктуации, которые являются случайным отклонением величин от их среднего значения. Иногда эти флуктуации могут усиливаться, и тогда существующая организация не выдерживает и разрушается. В такие переломные моменты (точки бифуркации) оказывается принципиально невозможным предсказать, в каком направлении будет происходить дальнейшее развитие, станет ли система хаотической или перейдет на более высокий уровень упорядоченности[26].

Случайность в данный момент как бы подталкивает то, что осталось от системы, на новый путь развития, а после выбора пути вновь в силу вступает детерминизм, и так до следующей бифуркации[27].

При этом оказывается, что чем сложнее система, тем большей чувствительностью она обладает по отношению к флуктуациям, а это значит, что даже незначительные флуктуации, усиливаясь, могут изменить структуру, и в этом смысле наш мир предстает как лишенный гарантий стабильности[28].

И.Пригожин и П.Гленсдорф предприняли попытку сформулировать универсальный критерий эволюции (выступающий в качестве математического правила), суть которого сводилась к следующему: термодинамика при определенных условиях не только не вступает в противоречие с теорией эволюции, но может прямо предсказать возникновение нового. Вводя данное правило, авторы явно претендовали на создание универсального закона как для живой, так и для неживой материи, закона самоорганизации и эволюции любой открытой системы[29]. Практически речь шла о расширении класса самоорганизующихся систем, когда явления самоорганизации оказалось возможным применить как к неживой природе, так и к биологическим, и к социальным процессам.

Этот аспект применения идей самоорганизации нашел свое отражение в работе Э.Янча “Самоорганизующаяся Вселенная: научные и гуманистические следствия возникающей парадигмы эволюции”.

Для Янча, использовавшего результаты научных исследований Пригожина по термодинамике неравновесных процессов, самоорганизация может быть распространена на всю совокупность природных и социальных явлений. Исходя из того, что самоорганизация — это динамический принцип, порождающий богатое разнообразие форм, проявляющихся во всех структурах, он предпринял попытку разработать унифицированную парадигму, способную раскрыть всеобъемлющий феномен эволюции[30].

Для него все уровни как неживой, так и живой материи, равно как и состояния социальной жизни — нравственность, мораль, религия — развиваются как диссипативные структуры. Эволюция с этих позиций представляет собой целостный процесс, составными частями которого являются физико-химический, биологический, социальный, экологический, социально-культурный процессы. При этом автор не просто вычленяет эти уровни, но стремится найти специфические

особенности каждого из них. Так для живых систем такого рода свойством выступает функция “атопоззиса” как способность системы к самовоспроизведению и сохранению автономности по отношению к окружающей среде.

Раскрывая механизмы космической эволюции, Янч рассматривает в качестве ее источника нарушение симметрии. Нарушенная симметрия, преобладание вещества над антивеществом во Вселенной приводит к многообразию различного рода сил — гравитационных, электромагнитных, сильных, слабых, программой исследования которых с учетом их генетического единства является идея “великого объединения”.

Следующий этап в глобальной эволюции представлен у Янча возникновением уровня жизни, которая является “тонкой сверхструктурированной физической реальностью”[31]. Можно по-разному отнестись к этой высказанной Янчем характеристике жизни. На первый взгляд, есть основания упрекнуть его в редуccionизме, но вместе с тем выявление им специфики живого дает возможность сделать и другой вывод, а именно — здесь речь идет о генетической связи между неживым и живым. Если судить о концепции Янча в целом, то именно этот аспект имеется в виду и выдвигается им на передний план.

Дальнейшее усложнение первичных живых систем, которое является уже закономерным, приводит к возникновению нового уровня глобальной эволюции — коэволюции организмов и экосистем, приведшей впоследствии к социокультурной эволюции. На уровне социокультурной эволюции разум выступает как принципиально новое качество самоорганизующихся систем. Он способен к рефлексии над пройденными этапами эволюции Вселенной и к предвидению ее будущих состояний. Тем самым Янч определяет место человека в самоорганизующейся Вселенной. Включенность в нее человека делает его причастным к тому, что в ней происходит. Согласно Янчу, соразмерность человеческого мира остальному миру включает в глобальную эволюцию гуманистический смысл[32].

Развитая Янчем концепция может быть расценена как одна из достаточно плодотворных попыток создать эскиз современной общенаучной картины мира на основе идей глобального эволюционизма. Она предлагает видение мира, в котором все уровни его организации оказываются генетически взаимосвязанными между собой. Причем основой этого видения выступают не только философские идеи, но и реальные достижения конкретных наук, синтезируемые в рамках целостного представления о самоорганизующейся Вселенной.

Современные концепции самоорганизации создают реальные предпосылки для такого рода синтеза. Они позволяют устранить традиционный парадигмальный разрыв между эволюционной биологией и физикой, абстрагирующейся в своих базисных теоретических построениях от эволюционных идей, и, в частности, разрешить противоречие между теорией биологической эволюции и термодинамикой.

На современном этапе эти теории уже не исключают, а предполагают друг друга, в том случае, если классическую термодинамику рассматривать как своего рода частный случай более общей теории — термодинамики неравновесных процессов.

Теория самоорганизации, описанная в терминах термодинамики неравновесных процессов, выявляет важные закономерности развития мира. Впервые возникает научно обоснованная возможность преодолеть существовавший длительное время разрыв между представлениями о живой и неживой природе. Жизнь больше не выглядит как островок сопротивления второму началу термодинамики. Она возникает как следствие общих законов физики с присущей ей специфической кинетикой химических реакций, протекающих в далеких от равновесия условиях[33]. Не случайно исследователи, оценивающие роль пригожинской

концепции, говорили, что, переоткрывая время, она открывает новый диалог человека и природы[34].

Идеи термодинамики неравновесных систем и синергетики имеют фундаментальное мировоззренческое и методологическое значение, поскольку благодаря им оказалось возможным обосновать представления о развитии физических систем и включить эти представления в физическую картину мира. В свою очередь, это открыло новые перспективы для выяснения взаимосвязей между основными этажами мироздания — неживой, живой и социальной материей. Если до синергетики не было концепции (относящейся к классу не философских, а научных теорий), которая позволяла бы свести в единое целое результаты, полученные в различных областях знания, то с ее возникновением появились принципиально новые возможности формирования целостной общенаучной картины мира.

Синергетика позволяет перейти от “линейного” мышления, сложившегося в рамках механической картины мира, к нелинейному, соответствующему новому этапу функционирования науки. Большинство изучаемых ею объектов (природные, экологические, социально-природные комплексы, экономические структуры) являются открытыми, неравновесными системами, управляемыми нелинейными законами. Все они обнаруживают способность к самоорганизации, а их поведение определяется предшествующей историей их эволюции[35].

Представления об открытых самоорганизующихся системах находят подкрепление в самых различных областях знания, стимулируя в них разработку эволюционных идей.

Можно отметить важные в этом отношении результаты, полученные в современной химии и, в частности, в области эволюционного катализа. Теория эволюционного катализа внесла значительный вклад в понимание того, что представляет собой химическая эволюция, каковы ее причины и закономерности. В рамках этой теории выявляются особые химические объекты с неравновесной структурной и функциональной организацией, способные к прогрессивной эволюции, а сама химическая эволюция рассматривается как процесс необратимых последовательных изменений элементарных каталитических систем. В этих химических объектах (химических системах) с неравновесной и функциональной организацией порядок взаимодействующих частей и устойчивость достигается за счет постоянного обмена веществом и энергией[36].

Синергетика создала условия для интенсивного обмена парадигмальными принципами между различными науками. В частности, применение идей самоорганизации в биологии позволило обобщить ряд специальных понятий теории эволюции и тем самым расширить область их применения, используя биологические аналогии при описании самых различных процессов самоорганизации в неживой природе и общественной жизни.

Характерным примером может служить применение “дарвиновской триады” (наследственность, изменчивость, естественный отбор) в современной космологии и космогонии. Речь идет о таких биоаналогиях, как “естественный отбор” Вселенных, галактик или звезд, “каннибализм в мире галактик” и т.д.[37].

Следует отметить, что концептуальный аппарат биологии традиционно играл особую роль в разработке эволюционных идей. Уже в классический период осуществлялось тесное взаимодействие теории биологической эволюции с геологией и зарождающимися социальными науками.

Применение в биологии XX столетия идей кибернетики и теории систем стимулировало процессы синтеза эволюционных представлений и системного подхода, что явилось существенным вкладом в разработку методологии универсального эволюционизма. Достижения биологии XX столетия могут быть

рассмотрены в качестве особого блока научных знаний, который наряду с космологией и учением о самоорганизации сыграл решающую роль в разработке новых подходов к построению целостной общенаучной картины мира.

Уже в 20-х годах нашего столетия в биологии начало формироваться новое направление эволюционного учения, которое было связано с именем В.И.Вернадского и которое называют учением об эволюции биосферы и ноосферы. Его, несомненно, следует рассматривать как один из существенных факторов естественнонаучного обоснования идеи универсального эволюционизма.

Биосфера, по Вернадскому, представляет собой целостную систему, обладающую высочайшей степенью самоорганизации и способностью к эволюции. Она является результатом “достаточно длительной эволюции во взаимосвязи с неорганическими условиями” и может быть рассмотрена как закономерный этап в развитии материи. Биосфера предстает в качестве особого геологического тела, структура и функции которого определяются специфическими особенностями Земли и Космоса. Рассматривая биосферу как самовоспроизводящуюся систему, Вернадский отмечал, что в значительной мере ее функционирование обуславливается “существованием в ней живого вещества — совокупности живых организмов, в ней живущих”[38].

Специфической особенностью биосферы, как и живого вещества, выступает организованность. “Организованность биосферы — организованность живого вещества — должна рассматриваться как равновесия, подвижные, все время колеблющиеся в историческом и в географическом времени около точно выражаемого среднего. Смещения или колебания этого среднего непрерывно проявляются не в историческом, а в геологическом времени”[39].

Биосфера как живая система для поддержания своего существования должна обладать динамическим равновесием. Но это особый тип равновесия. Система, находящаяся в абсолютном равновесном положении, не в состоянии развиваться. Биосфера же представляет собой динамическую систему, находящуюся в развитии. Это развитие во многом осуществляется под влиянием внутренних взаимоотношений структурных компонентов биосферы, и на него оказывают все возрастающее влияние антропогенные факторы.

В результате саморазвития и под влиянием антропогенных факторов в биосфере могут возникнуть такие состояния, которые приводят к качественному изменению составляющих ее подсистем. В этом смысле единство изменчивости и устойчивости в биосфере есть результат взаимодействия слагающих ее компонентов. Соотношение устойчивости и изменчивости выступает здесь как диалектическое единство постоянства и развития, вследствие чего сама устойчивость есть устойчивость процесса, устойчивость развития[40].

Рассматривая роль антропогенных факторов, В.И.Вернадский отмечал растущее могущество человека, в результате чего его деятельность приводит к изменению структуры биосферы[41]. Вместе с тем сам человек и человечество теснейшим образом связаны с живым веществом, населяющим нашу планету, от которого они реально никаким физическим процессом не могут быть отделены[42].

Эволюционный процесс живых веществ, охвативший биосферу, сказывается и на ее косных природных телах и получает особое геологическое значение благодаря тому, что он создал новую геологическую силу — научную мысль социального человечества[43].

Вернадский отмечал, что все отчетливее наблюдается интенсивный рост влияния одного вида живого вещества — цивилизованного человечества — на изменение биосферы. Под влиянием научной мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние — ноосферу[44]. “Человек становится все более мощной геологической силой, и с этим совпало изменение положения

человека на нашей планете. В XX веке он узнал и охватил всю биосферу, своей жизнью человечество стало единым целым”[45]. По мнению В.И.Вернадского, “мощь человека связана с его разумом и трудом, направленным этим разумом. Это должно дать основания человеку предпринять меры для сохранения облика планеты. Одновременно сила разума позволит ему выйти за пределы своей планеты, тем более, что биосфера в настоящее время получает новое понимание, она рассматривается как планетное явление космического характера, и, соответственно, приходится считаться, что жизнь реально существует не только на нашей планете”[46]. Жизнь всегда “проявляется где-нибудь в мироздании, где существуют отвечающие ей термодинамические условия. В этом смысле можно говорить об извечности жизни и ее проявлений”[47].

В концепции Вернадского жизнь предстает как целостный эволюционный процесс (физический, геохимический, биологический), включенный в качестве особой составляющей в космическую эволюцию. Своим учением о биосфере и ноосфере В.И.Вернадский продемонстрировал неразрывную связь планетарных и космических процессов.

Осознание этой целостности имеет непреходящую эвристическую ценность, поскольку во многом определяет стратегию дальнейшего развития человечества. От того, как человек будет строить свои взаимоотношения с окружающим миром, зависит само его существование. Не случайно проблемы коэволюции человека и биосферы постепенно становятся доминирующими проблемами не только современной науки и философии, но самой стратегии человеческой практической деятельности, поскольку “дальнейшее развитие вида *homo sapiens*, дальнейшее его благополучие требуют очень точной согласованности характера эволюции человеческого общества, его производительных сил и развития природы. Но если согласованность процессов, протекающих в мире неживой материи, обеспечивается механизмами естественной самоорганизации, то обеспечение согласованности характеристик природной среды и общества может быть осуществлено только Разумом и волей Человека”[48].

Можно заключить, что эволюционная теория и созданная на ее основе концепция биосферы и ноосферы вносят существенный вклад в обоснование идеи универсальной взаимосвязанности всех процессов и демонстрируют необратимый характер эволюционных процессов, четко обозначая в них фактор времени.

Таким образом, можно констатировать, что в современной науке есть все необходимые естественнонаучные данные, позволяющие обосновать универсальный характер эволюции. Причем эволюционный подход в науке второй половины XX века оказывается тесно связанным с системным рассмотрением объектов. С этих позиций глобальный эволюционизм, включающий в свой состав принципы эволюции и системности, предстает как характеризующий взаимосвязь самоорганизующихся систем разной степени сложности и раскрывающий механизмы возникновения новых структур в процессе развития. Такие структуры возникают в открытых системах, находящихся в неравновесном состоянии, и формируются за счет флуктуаций и кооперативных эффектов, благодаря чему осуществляется переход от одного типа самоорганизующейся системы к другой, а эволюция в конечном счете приобретает направленный характер.

Универсальный эволюционизм позволяет рассмотреть во взаимосвязи не только живую и социальную материю, но и включить неорганическую материю в целостный контекст развивающегося мира. Он создает основу для рассмотрения человека как объекта космической эволюции, закономерного и естественного этапа в развитии нашей Вселенной, ответственного за состояние мира, в который сам человек погружен.

Принципы универсального эволюционизма становятся доминантой синтеза знаний в современной науке. Это та стержневая идея, которая пронизывает все существующие специальные научные картины мира и является основой построения целостной общенаучной картины мира, центральное место в которой начинает занимать человек.

Как базисные основания современной общенаучной картины мира принципы универсального эволюционизма демонстрируют свою эвристическую ценность именно сейчас, когда наука перешла к изучению нового типа объектов — саморазвивающихся систем (в отличие от простых и саморегулирующихся систем, которые изучались на предшествующих этапах функционирования науки). Включив в орбиту исследования новый тип объектов, наука вынуждена искать и новые основания их анализа. Общенаучная картина мира, базирующаяся на принципах универсального эволюционизма, является важнейшим компонентом таких оснований. Она выступает глобальной исследовательской программой, которая определяет стратегию исследования саморазвивающихся систем. Причем эта стратегия реализуется как на дисциплинарном, так и на междисциплинарном уровнях.

Общенаучная картина мира формирует предварительное видение исследуемого объекта, активно участвуя в постановке проблем, определяя исходную стратегию исследования. Изучение комплексных, уникальных развивающихся объектов возможно только в системе междисциплинарных взаимодействий. В этом случае общенаучная картина мира как глобальная исследовательская программа в состоянии “подсказать”, какие методы и принципы могут быть транслированы из одной науки в другую, как осуществить состыковку знаний, полученных в различных отраслях науки, как включить это знание в культуру на соответствующем этапе функционирования научного знания.

Задавая стратегию исследования саморазвивающихся объектов в рамках конкретных научных дисциплин и обеспечивая стратегию междисциплинарных исследований, удельный вес которых возрастает в современной науке, общенаучная картина мира берет на себя многие функции, которые ранее выполняли специальные научные картины мира. Последние же утрачивают свою прежнюю автономию, трансформируются под влиянием системно-эволюционных идей и включаются в качестве фрагмента в общенаучную картину мира, не претендуя уже на особый самостоятельный статус.

На этой стороне развития современных научных знаний следует остановиться особо. Здесь мы сталкиваемся с принципиально новыми (по сравнению с предшествующими состояниями науки) тенденциями исторического развития научной картины мира.

То, что было идеалом на этапе возникновения дисциплинарно организованной науки, становится реальностью в современных условиях. На месте слабо состыкующейся мозаики картин исследуемой реальности возникает единая научная картина мира, вбирающая в себя содержание различных дисциплинарных онтологий.

Но для этого понадобилось предшествующее развитие картин исследуемой реальности различных наук, включение в их состав новых представлений о фундаментальных объектах и структурах, о взаимодействиях и пространстве-времени, которые соответствовали идеям системного подхода и идеям эволюционизма. И когда эти идеи нашли опору в теориях и эмпирических фактах ведущих областей научного знания — в физике, космологии, химии, геологии, биологии, технических и социальных науках, — тогда в них начало формироваться видение объектов как сложных исторически развивающихся систем. Это видение постепенно трансформировало специальные научные картины мира, усиливая обмен

парадигмальными принципами между ними. В результате они стали естественно объединяться в целостную систему представлений о Вселенной, которая по мере развития порождает все новые уровни организации. Каждая из наук определяла место своего предмета в этой общей картине, связывая его либо с некоторыми уровнями организации мира, либо с общими признаками, определяющими взаимоотношения и генетические переходы от одного уровня к другому.

В итоге относительная изолированность специальных картин мира друг от друга, характерная для развития дисциплинарной науки XIX столетия, сменяется их интеграцией в рамках общенаучной картины мира. Специальные научные картины мира во второй половине XX века значительно снижают уровень своей автономности и превращаются в аспекты и фрагменты целостной общенаучной картины мира. Они соединяются в блоки этой картины, характеризующие неживую природу, органический мир и социальную жизнь и реализуют (каждая в своей области) идеи универсального эволюционизма.

На первый взгляд, здесь как бы воспроизводится ситуация, характерная для ранних этапов развития новоевропейской науки, когда механическая картина мира, функционируя в качестве общенаучной, обеспечивала синтез достижений науки XVII—XVIII столетия. Но за внешней стороной сходства скрывается глубокое внутреннее различие. Современная научная картина мира основана не на стремлении к унификации всех областей знания и их редукции к онтологическим принципам какой-либо одной науки, а на единстве в многообразии различных дисциплинарных онтологий. Каждая из них предстает частью более сложного целого, и каждая из них конкретизирует внутри себя принципы глобального эволюционизма. Но в таком случае получает решение проблема, ранее сформулированная нами при анализе функций и типологии научных картин мира. Речь идет об историчности самих этих типологий. Выясняется, что специальные картины мира как относительно самостоятельные формы синтеза знаний не всегда существовали в этом качестве. Их не было в период становления естествознания. Возникая в эпоху дифференциации науки на самостоятельные дисциплины, они затем постепенно начинают утрачивать самостоятельность, превращаясь в аспекты или фрагменты современной общенаучной картины мира. Поэтому бессмысленно спорить о том, существуют ли специальные научные картины мира (картины исследуемой реальности) как самостоятельные формы знания, либо они являются только фрагментами целого — общенаучной картины мира.

Вне исторического контекста любой категорический ответ на эти вопросы может оказаться столь же правильным, сколь и неправильным. Все зависит от того, к какой исторической стадии развития науки отнести соответствующий ответ.

Судьба дисциплинарных онтологий — это одновременно и судьба дисциплинарно организованной науки на разных стадиях ее исторической эволюции. Иногда высказывается мнение, что со временем усиление междисциплинарных связей приведет к полному исчезновению самостоятельных дисциплин. Думается, эта точка зрения излишне категоричная. Она возникает как простая экстраполяция на будущее сегодняшней ситуации значительного увеличения в науке удельного веса междисциплинарных исследований. Но она не учитывает того факта, что различные области знания имеют свою специфику, не редуцируемую друг к другу. Кроме того, необходимо учитывать, что дисциплинарная организация науки определяется не только особенностями различных предметных областей исследования, но и возможностями формирования субъектов научной деятельности, наличием определенных границ “информационной вместимости” субъекта и вытекающей отсюда потребностью своеобразного квантования корпуса знаний, которые необходимо усвоить, чтобы заниматься научным поиском.

Специализация, необходимая для работы в науке, сохраняется и сегодня, и ее не уничтожают даже современные возможности компьютеризации научной деятельности, поскольку использование базы знаний предполагает их понимание, интерпретации и овладение методами работы с их содержанием.

Представляется, что наука будущего, по крайней мере ближайшего, скорее всего должна сочетать дисциплинарные и междисциплинарные исследования. Другое дело, что их прямые и обратные связи могут стать значительно более интенсивными, а границы между ними менее жесткими. В этих ситуациях общая научная картина мира все более отчетливо будет осознаваться в качестве глобальной исследовательской программы и необходимого горизонта систематизации знаний.

Интенсификация связей между различными дисциплинами и возрастание роли междисциплинарных исследований как фактор развития общенаучной картины мира затрагивает не только когнитивные, но и институциональные аспекты современной науки.

Можно констатировать, что современный синтез достижений различных наук протекает в условиях, когда все большую роль в научном познании начинают играть крупные комплексные программы и проблемно-ориентированные междисциплинарные исследования.

Еще В.И.Вернадский, анализируя тенденции развития науки в первой половине XX столетия, отмечал, что их классификация осуществляется уже не столько по предметам, сколько по проблемам.

Эта тенденция приобрела в науке конца XX века отчетливо выраженные черты, особенно в связи с появлением в качестве объектов исследования сложных, часто уникальных комплексов, изучение которых предполагает совместную работу специалистов различного профиля.

Современная практика социальной поддержки и финансирования “большой науки” свидетельствует о приоритетности направлений, возникающих на стыке различных дисциплин. К ним относятся, например, информатика, экология и биотехнология, программы поисков источников энергии, биомедицинские исследования и т.д.

Престижность такого рода направлений и программ определяется прежде всего современным поиском выхода из глобальных кризисов, к которым привело индустриальное, техногенное развитие цивилизации.

Именно в этом пункте осуществляется состыковка двух типов факторов, определяющих развитие современной научной картины мира. Социальные цели и ценности, меняющие облик науки как социального института, и внутринаучные, когнитивные факторы действуют в одном направлении — они актуализируют междисциплинарные связи и взаимодействия. Причем в этот процесс наряду с естественными активно включаются и социальные дисциплины, поскольку большинство современных направлений исследования имеют своим предметом сложные развивающиеся комплексы, которые включают человека и его деятельность в качестве составного компонента.

Все это, с одной стороны, усиливает роль общенаучной картины мира, обеспечивающей целостное видение сложных развивающихся человекообразных систем и понимание места каждой науки в их возможном освоении, а с другой — стимулирует “обменные процессы” между естественными, техническими и социальными науками, что в свою очередь ускоряет “наведение мостов” между соответствующими специальными научными картинами мира, их включение в общенаучную картину мира в качестве составных компонентов.

На современном этапе общенаучная картина мира, базирующаяся на принципах глобального эволюционизма, все отчетливее выступает в качестве онтологического основания будущей науки, объединяющего науки о природе и науки о духе.

Длительное время существовавшее противопоставление между естественными и гуманитарными науками приводило исследователей к мысли, что разрыв между ними все усиливается, и это в конечном счете может привести к их обособлению, а как следствие — даже к возникновению разных культур с непонятными друг для друга языками[49].

Действительно, естествознание длительное время ориентировалось на постижение “природы самой по себе” безотносительно к субъекту деятельности. Его задачей было достижение объективно истинного знания, не отягощенного ценностно-смысловыми структурами. Отношение к природному миру представало как монологичное. Главное, что предстояло ученым — это выявить и объяснить наличие причинных связей, существующих в природном мире, и, раскрыв их, достичь объективно-истинного знания, установить законы природы.

Гуманитарные же науки были ориентированы на постижение человека, человеческого духа, культуры. Для них приоритетное значение приобретало раскрытие смысла, не столько объяснение, сколько понимание. Само отношение субъекта и объекта (как любое познавательное отношение) представало уже не монолог, а диалог. Для получения знания в рамках гуманитарных наук оказывалось недостаточно только внешнего описания. Метод “объективного” или “внешнего” изучения общества должен сочетаться с методом его изучения “изнутри”, с точки зрения людей, образовавших социальные и экономические структуры и действующие в них[50].

М.М.Бахтин довольно точно подметил эти специфические особенности методологии естественнонаучного и гуманитарного знания. “Точные науки, — писал он, — это монологичная форма знания: интеллект созерцает вещь и высказывается о ней. Здесь только один субъект — познающий (созерцающий) и говорящий (высказывающийся). Ему противостоит только безгласная вещь. Любой объект знания (в том числе человек) может быть воспринят и познан как вещь. Но субъект как таковой не может восприниматься и изучаться как вещь, ибо как субъект он не может, оставаясь субъектом, стать безгласным, следовательно, познание его может быть только диалогическим”[51].

Казалось бы, действительно между естественными и гуманитарными науками сложилось непреодолимое противоречие. Тем более, что в науке не была сформирована такая общенаучная картина мира, которая могла бы объединить их в едином пространстве.

Но в настоящее время появились реальные основания для решения этой проблемы. Объединение естественных и гуманитарных наук может быть осуществлено на основе принципов глобального эволюционизма, которые имманентно включают установку на объективное изучение саморазвивающихся объектов. Соотнесение развития таких объектов с проблематикой места человека, учет включенности человека и его действий в функционирование подавляющего большинства исторически развивающихся систем, освоенных в человеческой деятельности, привносит в научное знание новый гуманистический смысл.

Необходимость соединения когнитивных и ценностных параметров естественнонаучного знания все отчетливее начинает осознаться в самом естествознании. Примером может служить позиция, занимаемая представителями так называемого “биологического структурализма”, которые предпринимают попытку разработки новой парадигмы в биологии. Эта новая парадигма в качестве базисных оснований обращается не только к “точному” естествознанию, но и к гуманитарному знанию. Учитывая, что биология ближе всех естественных наук находится к исследованию природы человека, представители “биологического структурализма” во многом именно с ней связывают надежды на такие изменения в научной картине мира, которые придадут ей человеческое измерение[52].

В современном естественнонаучном познании возникают новые тенденции отношения человека к природе. Природа в широком смысле слова не представляется более как “мертвый механизм”, на который направлена деятельность человека: человек не может относиться к ней как судья, заранее зная, как она должна отвечать на поставленные вопросы.

Как отмечают И.Пригожин и И.Стенгерс, “он умер, тот конечный, статичный и гармоничный старый мир, который разрушила коперниканская революция, поместив Землю в бесконечный космос. Наш мир — это не молчаливый и однообразный мир часового механизма... Природа создавалась не для нас, и она не подчиняется нашей воле... Наступило время ответить за старые авантюры человека, но если мы и можем это сделать, то лишь потому, что таков отныне способ нашего участия в культурном и естественном становлении, таков урок природы, когда мы даем себе труд выслушать ее. Пришло время нового содружества, начатого издавна, но долгое время непризнанного между историей человека, человеческими обществами, знанием и использованием Природы в наших целях”[53].

Для обеспечения своего будущего человек не может полагать, что он не имеет принципиальных ограничений в своих попытках изменять природу в соответствии со своими потребностями, но вынужден изменять свои потребности в соответствии с теми требованиями, которые ставит природа[54].

Все это означает, что устанавливается новое отношение человека с природой — отношение не монолога, а диалога. Ранее эти аспекты были характерны для гуманитарного знания. Теперь через общенаучную картину мира они проникают в самые различные области, становясь приоритетными принципами анализа.

Вместе с тем идеи и принципы, получившие развитие в естественнонаучном знании, начинают постепенно внедряться в гуманитарные науки. Идеи необратимости, варибельности в процессе принятия решений, многообразие возможных линий развития, возникающих при прохождении системы через точки бифуркации, органической связи саморегуляции и кооперативных эффектов — все эти и другие идеи, получившие обоснование в синергетике, оказываются значимыми для развития гуманитарных наук. Строя различные концепции развития общества, изучая человека, его сознание, уже нельзя абстрагироваться от этих методологических регулятивов, приобретающих общенаучный характер.

Освоение наукой сложных, развивающихся, человекоразмерных систем стирает прежние непроходимые границы между методологией естественнонаучного и гуманитарного познания.

Можно заключить, что, приступив к исследованию “человекоразмерных объектов”, естественные науки сближаются с “предметным полем” исследования гуманитарных наук. В этой связи уместно напомнить известное высказывание К.Маркса о том, что “сама история является действительной частью истории природы, становления природы человеком. Впоследствии естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание: это будет одна наука”[55].

Таким образом, в конце XX столетия возникли принципиально новые тенденции развития научного знания, которые привели к воссозданию общенаучной картины мира как целостной системы научных представлений о природе, человеке и обществе. Эта система представлений, формирующаяся на базе принципов глобального эволюционизма, становится фундаментальной исследовательской программой науки на этапе интенсивного междисциплинарного синтеза знаний.

Вбирая в себя совокупность фундаментальных научных результатов и синтезируя их в рамках целостного образа развития Вселенной, живой природы, человека и общества, современная научная картина мира активно взаимодействует с мировоззренческими универсалиями культуры, в контексте которых происходит ее

развитие. С одной стороны, она адаптируется к ним, но с другой — она вносит кардинальные мутации в сложившиеся культурные менталитеты.

Развитие современной научной картины мира выступает одним из аспектов поиска новых мировоззренческих смыслов и ответов на исторический вызов, стоящий перед современной цивилизацией.

Научная картина мира и новые мировоззренческие ориентиры цивилизационного развития

Современная наука развивается и функционирует в особую историческую эпоху. Ее общекультурный смысл определяется включенностью в решение проблемы выбора жизненных стратегий человечества, поиска им новых путей цивилизационного развития.

Потребности этого поиска связаны с кризисными явлениями, с которыми столкнулась цивилизация в конце XX века и которые привели к возникновению современных глобальных проблем. Их осмысление требует по-новому оценить развитие техногенной цивилизации, которая существует уже на протяжении четырех веков и многие ценности которой, связанные с отношением к природе, человеку, пониманием деятельности и т.д., ранее казавшиеся незыблемым условием прогресса и улучшения качества жизни, сегодня ставятся под сомнение.

В настоящее время техногенная цивилизация, развивающаяся как своеобразный антипод традиционных обществ, приблизилась к той “точке бифуркации”, за которой может последовать ее переход в новое качественное состояние. Какое направление эта система выберет, какой характер будет иметь ее развитие — от этого зависит не только статус науки в обществе, но само существование человечества.

Культура техногенной цивилизации в качестве своего важнейшего компонента всегда включала научную рациональность. Именно в ее рамках осуществлялось становление, функционирование и развитие научной картины мира как такой формы теоретического представления знания, которая олицетворяла собой мировоззренческий статус науки.

В техногенной цивилизации использование науки прежде всего связывалось с технологиями по преобразованию предметного мира. Научная картина мира ориентировала человека не только в понимании мира, но и в преобразующей деятельности, направленной на его изменение.

Фактически начиная с XVII столетия вплоть до настоящего времени, в новоевропейской культуре утвердилась и господствовала парадигма, согласно которой человек призван реализовать свои творческие возможности, направляя свою активность вовне, на преобразование мира и прежде всего природы.

Отношение к природе как противостоящей человеку было мировоззренческой предпосылкой науки Нового времени. Как писал В.И.Вернадский, “Коперник, Кеплер, Галилей, Ньютон в течение немногих десятков лет разорвали веками установившуюся связь между человеком и Вселенной... Научная картина Вселенной, охваченная законами Ньютона, не оставила в ней места ни одному из проявлений жизни. Не только человек, не только все живое, но и вся наша планета потерялась в бесконечности Космоса”[\[56\]](#).

Идея демаркации между миром человека и миром природы, который представал чуждым человеку, имманентно включалась в научную картину мира и долгое время служила мировоззренческим основанием ее исторического развития.

Эта идея находила опору во многих ценностях техногенной цивилизации, в частности она коррелировала с теми интерпретациями христианства, которые постепенно стали доминировать в культуре, начиная с эпохи Реформации. Этот

вариант христианства не только фиксировал дуализм человека и природы, но и настаивал на том, что воля Божья такова, чтобы человек эксплуатировал природу ради своих целей[57]. Он придавал психологическую уверенность в стремлении человека преобразовать природу в духе безразличного отношения к “самочувствию” естественных объектов. Тем самым разрушались запреты на эксплуатацию природы[58].

Установка на преобразование, переделывание природы, а затем и общества, постепенно превратилась в доминирующую ценность техногенной культуры. Исследователь, действующий в рамках данной культурной традиции и ориентирующийся на ту или иную научную картину мира, осознавал себя в качестве активного творца нового, “выпытывающего” у природы ее тайны с тем, чтобы на этой основе расширить возможности подчинения природы потребностям человека.

Цивилизация, ориентированная на подобный тип научной рациональности, имела свои несомненные достижения: в ней утвердилась идея прогресса, демократии, свободы и личной инициативы[59]. Она обеспечивала постоянный рост производства и улучшение качества жизни людей. Вместе с тем в конце XX столетия, когда человечество столкнулось с глобальными проблемами, с новой силой зазвучали вопросы о правильности выбора путей развития, принятых в западной (техногенной) цивилизации, и как следствие — об адекватности ее мировоззренческих ориентаций и идеалов.

Поиск путей развития цивилизации оказывается сопряженным с проблемой синтеза культур и формирования нового типа рациональности. В этой связи возникают вопросы о месте и роли картины мира в поисках новых мировоззренческих ориентаций, обеспечивающих возможность выживания человечества.

Эти вопросы могут быть сформулированы в следующем виде: требует ли современная научная картина мира для своего обоснования какой-то принципиально иной системы ценностей и мировоззренческих структур по сравнению с предшествующими этапами развития науки? Приводила ли эта картина к радикальным трансформациям мировоззренческих оснований научного познания? Каков ее конкретный вклад в становление мировоззренческих ориентиров, соответствующих запросам нового этапа цивилизационного развития, призванного преодолеть глобальные кризисы и обеспечить выживание и дальнейшее развитие человечества?

Прежде всего следует выделить те принципиально новые идеи современной научной картины мира, которые касаются представлений о природе и взаимодействии с ней человека. Эти идеи не вписываются в традиционное для техногенного подхода понимание природы как неорганического мира, безразличного к человеку, и понимание отношения к природе как к “мертвому механизму”, с которым можно экспериментировать до бесконечности и который можно осваивать по частям, преобразовывая его и подчиняя человеку.

В современной ситуации формируется новое видение природной среды, с которой человек взаимодействует в своей деятельности. Она начинает рассматриваться не как конгломерат изолированных объектов и даже не как механическая система, но как целостный живой организм, изменение которого может проходить лишь в определенных границах. Нарушение этих границ приводит к изменению системы, ее переходу в качественно иное состояние, могущее вызвать необратимое разрушение целостности системы.

На предшествующих этапах развития науки, начиная от становления естествознания вплоть до середины XX столетия, такое “организмическое” понимание окружающей человека природы воспринималось бы как своеобразный атавизм, возврат к полумифологическому сознанию, не согласующемуся с идеями и

принципами научной картины мира. Но после того как сформировались и вошли в научную картину мира представления о живой природе как сложном взаимодействии экосистем, после становления и развития идей Вернадского о биосфере как целостной системе жизни, взаимодействующей с неорганической оболочкой Земли, после развития современной экологии, это новое понимание непосредственной сферы человеческой жизнедеятельности как организма, а не как механической системы, стало научным принципом, обоснованным многочисленными теориями и фактами. Экологическое знание играет особую роль в формировании научной системы представлений о той сфере природных процессов, с которой человек взаимодействует в своей деятельности и которая выступает непосредственной средой его обитания как биологического вида. Эта система представлений образует важнейший компонент современной научной картины мира, который соединяет знания о биосфере, с одной стороны, и знания о социальных процессах — с другой. Она выступает своеобразным мостом между представлениями о развитии живой природы и о развитии человеческого общества. Неудивительно, что экологическое знание приобретает особую значимость в решении проблем взаимоотношения человека и природы, преодоления экологического кризиса, и поэтому становится важным фактором формирования новых мировоззренческих оснований науки.

Вместе с тем принципы, развитые в экологии и включенные в общенаучную картину мира, обретают и более широкое мировоззренческое звучание. Они оказывают влияние на мировоззренческие основания всей культуры, “существенно воздействуют на духовно-интеллектуальный климат современной эпохи в целом, детерминируют изменение ценностных структур мышления”[\[60\]](#).

В современной культуре все более отчетливо формируются контуры нового взгляда на мир, в становление которого вносит существенный вклад научная картина мира. Этот взгляд предполагает идею взаимосвязи и гармонического отношения между людьми, человеком и природой, составляющими единое целостное образование.

В рамках такого подхода складывается новое видение человека как органичной части природы, а не как ее властителя, развиваются идеи приоритетности сотрудничества перед конкуренцией[\[61\]](#).

Становление “нового взгляда” на мир, о котором говорит Э.Ласло, это, по существу, формирование новой системы мировоззрения, вбирающей в себя достижения современной науки. Этому подходу созвучны идеи Ф.Капра о “едином экологическом взгляде на мир”. Капра употребляет это понятие в смысле “углубленной экологии” в противовес “поверхностной экологии”, которая антропоцентрична по своей природе и рассматривает человека как возвышающегося над природой, видя в нем источник ценностей, отводя природе функцию вспомогательного средства[\[62\]](#). В противоположность “поверхностной экологии”, “углубленная экология”, по мнению Капра, не выделяет человека из естественной среды, но трактует мир как целостную совокупность явлений, связанных и зависимых друг от друга. Она ориентирована на рассмотрение ценности всех живых существ, а человека рассматривает как закономерную и неотъемлемую часть во всем многообразии жизни[\[63\]](#).

Экология, и в частности “единая экология” (А.Несс), с достаточной очевидностью показывает ограниченность антропоцентризма, демонстрируя, что “человек не является ни властелином, ни центром мироздания, он лишь существо, которое подчиняется законам взаимности”[\[64\]](#).

Изменения, происходящие в современной науке и фиксируемые в научной картине мира, коррелируют с напряженными поисками новых мировоззренческих идей, которые вырабатываются и шлифуются в самых различных сферах культуры.

Это и поиски новой религии, и переосмысление старой, как это делают Р.Атфилд и Л.Уайт[65], и создание “новой этики”, как предлагает Э.Ласло и О.Леопольд. Как отмечал Ласло, “мы нуждаемся в новой морали, в новой этике, которая основывалась бы не столько на индивидуальных ценностях, сколько на необходимых требованиях адаптации человечества как глобальной системы к окружающей природной среде. Такая этика может быть создана на основе идеала почтения к естественным системам”[66].

Подобные идеи развивает и О.Леопольд, предлагая различать этику в философском смысле, как различие общественного и антиобщественного поведения, и этику в экологическом смысле как ограничение свободы действий в борьбе за существование[67].

Новая этика Леопольда — это этика, определяющая взаимоотношение человека с Землей, животными и растениями. По его мнению, этика Земли должна изменить роль человека, превращая его из завоевателя сообщества, составляющего Землю, в рядового и равноправного его члена.

Этика земли, с его точки зрения, отражает существование экологической совести и тем самым убеждает в индивидуальной ответственности за здоровье Земли. Перед человечеством стоит задача сформировать этическое отношение к Земле, которое не может существовать без благоговения перед ее ценностью[68]. Эти идеи созвучны мыслям А.Швейцера в развиваемой им концепции благоговения перед жизнью как основы этического миро- и жизнеутверждения. Для него идея благоговения перед жизнью возникает как ответ на вопрос о том, как человек и мир соотносятся друг с другом. Он отмечает двойной характер отношений человека и мира, учитывая, что человек имеет к миру и пассивное и активное отношение: с одной стороны, человек вынужден подчиняться естественному ходу событий, в соответствии с которыми он строит свою жизнь, а с другой — он имеет все возможности для влияния на жизнь и ее изменение в определенных пределах. При этом единственным способом придать смысл человеческому существованию является стремление возвысить естественную связь с миром и сделать ее духовной[69].

Все эти размышления известного философа и ученого находят развитие в принципах так называемой биосферной этики, которая включает не только взаимоотношения между людьми, но и взаимоотношения между человеком и природой. Эта этика включает “благоговение перед высшим (небесным миром), сострадание к равному (человеческому миру), вспомоществование к низшему (растительному и животному миру)”[70].

Новые мировоззренческие идеи возникают в качестве своеобразного резонанса современной науки и создаваемых в ней картин мира с другими областями культурного творчества. Взаимное влияние этих областей ускоряет процесс формирования новых смыслов универсалий культуры и соответственно новой системы ценностных приоритетов, предполагающих путь к иным, нетрадиционным стратегиям человеческой жизнедеятельности.

В свою очередь новые смыслы и ценностные ориентации все в большей мере включаются в систему философско-мировоззренческих оснований науки.

Ключевым моментом в их развитии являются представления научной картины мира об органичной включенности человека в целостный космос и о соразмерности человека как результата космической эволюции породившему его миру.

Возникающие на этой основе этические идеи ответственности человека перед природой делают картину мира аксиологически нагруженной.

Стремление рассмотреть человека в его связи с остальным миром, полагая мир как органическую целостность, выступает важным мировоззренческим ориентиром, способным привести к изменению традиционных для техногенной цивилизации

представлений о предназначении человека и его деятельности. Новые мировоззренческие идеалы отношения к природе, основанные на новой этике, отвергающей принцип господства над природой и включающей идею ответственности человека, в свою очередь прокладывают путь к новому пониманию рациональности как диалога человека с миром.

К этим же философско-мировоззренческим идеям приводят принципы открытости и саморегуляции сложных систем, развитые в синергетике и включенные в качестве важнейшего принципа в современную научную картину мира.

Как отмечают И.Пригожин и И.Стенгерс, “науки о природе в настоящее время обнаруживают необходимость диалога с открытым миром. Пришло время нового содружества, завязанного издавна, но долгое время непризнанного, между историей человека, человеческими обществами, истинным знанием природы и умением его использовать”^[71].

Человек должен, познавая мир, не навязывать природе свой собственный язык, а вступать с ней в диалог. По мнению Пригожина, современная наука научилась с уважением относиться к изучаемой ею природе, которую невозможно описать “извне”, с позиций зрителя. “Описание природы — живой диалог, коммуникация, и она подчинена ограничениям, свидетельствующим о том, что мы макроскопические существа, погруженные в реальный физический мир”^[72].

Диалог с природой в новом типе рациональности сопрягается с идеалом открытости сознания к разнообразию подходов, к тесному взаимодействию (коммуникации) индивидуальных сознаний и менталитетов разных культур.

На этот аспект открытости и коммуникативности как характеристику нового типа рациональности и соответствующих ему стратегий деятельности обращает особое внимание Ю.Хабермас. Он отмечает, что “вместо того, чтобы полагаться на разум производительных сил, т.е. в конечном счете на разум естествознания и техники, я доверяю производительной силе коммуникации”^[73]. Причем рамки и структуры коммуникативности, совместности, открытости непрерывно меняются — как “в себе, так и в отношении к другим сферам общества как такового”^[74].

Онтологией этого нового типа рациональности выступают представления о целостном космосе, органично включающем человека, представление об объектах действительности как исторически развивающихся человекообразных системах, обладающих “синергетическими” свойствами.

Эти идеи, конкретизированные в современной научной картине мира, приводят к новому рассмотрению субъекта и объекта познания, которые уже не выступают внеположенными друг другу, а предстают лишь относительно автономными компонентами особой целостной, исторически развивающейся системы, встроенной в мир.

В этом подходе рациональность уже оказывается наделенной новыми отличительными чертами. Она характеризуется открытостью, рефлексивной экспликацией ценностно-смысловых структур, включаемых в механизмы и результаты объективно истинного постижения мира.

“Открытая рациональность” (В.С.Швырев) начинает противопоставляться закрытой рациональности, внутрипарадигмальной рациональности, когда исследователь движется в рамках принятого им жесткого концептуального каркаса. Открытая рациональность предполагает “внимательное и уважительное отношение к альтернативным картинам мира, возникающим в иных культурных и мировоззренческих традициях, нежели современная наука, она предполагает диалог и взаимообогащение различных, но равноправных познавательных позиций”^[75].

С этой точки зрения следует обратить особое внимание на новые и необычные свойства современной научной картины мира. Она во многом воплощает в себе

идеалы открытой рациональности и ее мировоззренческие следствия коррелируют с философско-мировоззренческими идеями и ценностями, возникающими на почве различных и даже во многом противоположных культурных традиций.

Речь идет об удивительном соответствии современной научной картины мира не только тем новым менталитетам, которые постепенно формируются в недрах западной (техногенной) культуры конца XX столетия в связи с осмыслением современных глобальных проблем, но и о ее соответствии философским идеям, выросшим на почве самобытной культуры России и ее Серебряного века, а также философским и мировоззренческим представлениям традиционных культур Востока. До настоящего времени научная картина мира развивалась на почве менталитетов техногенной культуры, воплощала свойственный только этой культуре тип научной рациональности, который занимал одно из ведущих мест в системе ее ценностных приоритетов. Принятие науки иными типами культур требовало одновременной трансплантации определенных фрагментов западного опыта на иную почву. Подобные трансплантации всегда трансформировали традиционную культуру и осуществлялись в русле догоняющих модернизаций, которые ставили целью перевести традиционные общества на путь техногенного развития (например, реформы Петра I в России). Показателен в этом отношении пример трансплантации науки на традиционную российскую почву, осуществленный в эпоху петровских реформ. Он стал возможен только вместе с заимствованием фрагментов городской культуры, европейского образования, нового быта, который часто силой насаждался Петром I в боярской и дворянской среде [76].

Довольно жесткая связь новоевропейской науки с менталитетами техногенной культуры приводила к принципиальным рассогласованиям научной картины мира, ее философско-мировоззренческих оснований, с одной стороны, с преднаучными космологиями традиционных обществ — с другой.

Научные знания, возникающие в традиционных культурах, были подчинены мифо-космическим и религиозно-этическим мировоззренческим структурам, в формировании которых эти знания не принимали существенного участия. Иначе обстояло дело в культуре техногенной цивилизации. Здесь научная рациональность претендовала на роль обосновывающего начала мировоззренческих идей — социальных, этических, религиозных (примером чему может служить философия неотомизма).

Неудивительно, что своеобразная оппозиция западной техногенной культуры культуре традиционных обществ проявлялась прежде всего в противопоставлении научной картины мира и ее философских следствий “организмическим” представлениям о мире традиционных восточных культур.

Однако такое противопоставление вряд ли уместно по отношению к сегодняшней науке. Произшедшие в ней перемены в конце XX века сформировали новую картину мира, которая порождает особые философско-мировоззренческие следствия. Эти следствия резонируют с фундаментальными смысложизненными ориентирами культур Востока и перекликаются с оригинальными философскими идеями, возникшими на почве русской культурной традиции.

Данную ситуацию следует обсудить особо, поскольку здесь мы сталкиваемся с принципиально важной для современного цивилизационного развития проблемой диалога культур, переключки идей, порожденных разными культурными традициями.

Прежде всего обратим внимание на совпадение многих представлений современной научной картины мира с идеями философии “русского космизма”. Эти идеи долгое время воспринимались как своеобразная периферия мирового потока философской мысли, хотя они, бесспорно, оказали влияние на творчество таких выдающихся естествоиспытателей, как В.И.Вернадский.

В русском космизме выделяют по крайней мере три течения: естественнонаучное (Н.А.Умов, Н.Г.Холодный, В.И.Вернадский, К.Э.Циолковский, А.Л.Чижевский); религиозно-философское (Н.Ф.Федоров); поэтически-художественное (С.П.Дьячков, В.Ф.Одоевский, А.В.Сухово-Кобылин)[77].

Русский космизм возник как своеобразная антитеза классической физикалистской парадигме мышления, основанной на жестком разграничении человека и природы. В нем была предпринята попытка возродить онтологию целостного видения, органично соединяющего человека и космос. Эта проблематика обсуждалась как в сциентистском, так и в религиозном направлении космизма. В религиозном направлении наиболее значительной была концепция Н.Федорова. Как и другие космисты, он не был удовлетворен расколом мироздания на человека и природу как противостоящих друг другу. Такое противопоставление, по его мнению, обрекало природу на бездумность и разрушительность, а людей — на подчинение существующему злу. Федоров отстаивал идею единства человека и природы, связи “души” и космоса в терминах регуляции и воскрешения.

Предложенный им проект воскрешения не сводился только к оживлению предков, но включал по меньшей мере два аспекта: оживление — в узком, прямом смысле и более широком — метафорическом смысле, включающем способность природы к самовосстановлению[78].

Федоровский проект воскрешения связан с идеей выхода в космос человеческого разума. Для него “земля не граница”, а “человеческая деятельность не должна ограничиваться пределами земной планеты”, которая является лишь исходным пунктом этой деятельности.

Критически относясь к утопически-фантастическим элементам воззрений Н.Федорова, которые содержат в себе немалую долю мистицизма, тем не менее важно выделить рациональные моменты его концепции — достаточно отчетливо прописанную идею взаимосвязи, единения человека и космоса, идею взаимного полагания рационального и нравственного начала человека, идеал единства человечества как планетарной общности людей.

Но если религиозный космизм отличался скорее фантастически-умозрительным характером своих рассуждений, то в естественнонаучном направлении при решении проблемы взаимосвязи человека и космоса особое внимание уделялось осмыслению научных достижений, подтверждающих эту взаимосвязь.

Н.Г.Холодный развивал эти идеи в терминах антропокосмизма, противопоставляя его антропоцентризму. “Поставив себя на место Бога, — отмечал он, — человек разрушил естественные связи с природой и заключил себя на продолжительное одиночное существование”[79].

По мнению Холодного, антропоцентризм прошел несколько этапов в своем развитии: на первой стадии человек не выделял себя из природы и не противопоставлял себя ей, скорее он “очеловечивал” природные силы — это было отношение слабого к сильному; на втором этапе человек, выделяя себя из природы, начинает смотреть на нее как на объект исследования, основу своего благосостояния; на следующей стадии человек возносит себя над природой, опираясь на силу духа, он познает Вселенную, и наконец на следующем этапе наступает кризис антропоцентрического мировоззрения, которое начинает разрушаться под влиянием успехов науки и философии[80].

Н.Г.Холодный справедливо отмечал, что антропоцентризм в свое время сыграл позитивную роль в качестве мировоззрения, освободившего человека от страха перед силами природы ценой своего возвеличивания над ней. Однако постепенно наряду с антропоцентризмом стали возникать зачатки нового взгляда — антропокосмического. Антропокосмизм рассматривался Холодным как определенная линия развития человеческого интеллекта, его воли и чувств, которые

вели человека к достижению его целей. Существенным элементом в антропокосмизме была попытка пересмотреть вопрос о месте человека в природе и о взаимоотношении его с Космосом на основе естественнонаучных знаний. Человек начинал рассматриваться как одна из органических частей мира, и утверждалось убеждение, что только на этом пути можно найти ключ к пониманию природы самого человека. Человек должен стремиться к единству с природой, которое обогащает и расширяет его внутреннюю жизнь[81].

Подобные идеи развивал и Н.А.Умов, подчеркивая, что “человек может мыслить себя как часть, как одно из преходящих звеньев Вселенной”. Он также полагал, что антропоцентрическое мирозерцание разрушается, освобождая место антропокосмизму[82].

Идея взаимосвязи человека и космоса с особой силой звучала в работах К.Э.Циолковского, который даже называет одну из них “Космическая философия”. “Весь космос обуславливает нашу жизнь”, — писал он, — “все непрерывно и все едино”[83]. “Вселенная не имела бы смысла, если бы не была заполнена органическим, разумным, чувствующим миром”[84].

Можно отметить определенное созвучие развиваемых Циолковским идей сформулированному впоследствии антропному принципу.

Циолковский не просто указывает на взаимосвязь человека и Космоса, но подчеркивает зависимость человека от него. “...Трудно предположить, чтобы какая-нибудь его (космоса) часть не имела рано или поздно на нас влияние”[85].

Эта идея — влияния как ближнего, так и дальнего космоса на жизнь человека — достаточно подробно анализировалась А.Л.Чижевским, который полагал, что “наше научное мировоззрение еще далеко от исторического представления о значении для органического царства космических излучений”[86]. Однако ряд достижений науки XX века, по мнению Чижевского, позволяет сделать вывод, что “в науках о природе идея о единстве и связанности всех явлений в мире и чувство мира как неделимого целого достигли в наши дни особой ясности и глубины... Строение Земли, ее физико-химия, биосфера является проникновением строения и механики Вселенной”[87].

Чижевский противопоставляет свою точку зрения существующему мнению, что “жизнь есть результат случайной игры только земных сил”. Для него жизнь в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли. Человек “не только земное существо, — отмечал он, — но и космическое, связанное всей своей биологией, всеми молекулами, частицами своих тел с космосом, с его лучами, потоками и полями”[88].

В этом смысле вовсе не случайным выглядит влияние солнечной энергии на протекание жизненных процессов. Чижевский одним из первых исследователей обосновал эту идею конкретными научными фактами. В частности, он проанализировал корреляции между солнечной активностью и пиками эпидемических заболеваний и показал, что солнечная активность выступает своеобразным регулятором течения эпидемических процессов. Это, конечно, не означает, что “состояние солнцедятельности является непосредственной причиной эпидемического распространения тех или иных болезней”, но активность Солнца “способствует их быстрому назреванию и интенсивному течению”[89].

В сциентистской традиции русского космизма проблема единого мира и единого знания о мире нашла свою наиболее значительную разработку в концепции В.И.Вернадского. Как и другие космисты, Вернадский отмечал, что “антропоцентрическое представление не совпадает с тем реальным выявлением Космоса, который охватывается научной работой и научной мыслью исследователя Природы”[90]. Он отмечал, что “в науке нет до сих пор ясного сознания, что

явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической, т.е. планетарной точки зрения, являются проявлением единого процесса”[91]. Но, как подчеркивает Вернадский, биологи не должны забывать, что изучаемый ими мир жизни является неразрывной частью земной коры и оказывает на нее активное обратное влияние, изменяя ее. Они не должны рассматривать жизнь в отрыве от эволюции целостного космоса. По его мнению, такая установка явилась следствием того, что длительное время Вселенная казалась безжизненной. Основанием для таких настроений явилось утверждение в науке принципа Коперника, а когда в первой половине XIX века были получены числовые данные о размерах Вселенной, казалось, что жизнь вообще растворилась в космическом пространстве, и постепенно стало утверждаться мнение, что малое значение жизни в мироздании является выводом из научных исследований. Однако по мере развития науки появляются основания усомниться в бесспорности такого рода заключений[92].

Вернадский, как и другие космисты, противопоставляет традиционной позиции иную точку зрения. Он показывает, что в мировой эволюции жизнь выступает не случайным, а закономерным следствием, что характер космического развития жизненных процессов обусловлен всем космическим целым. При таком рассмотрении жизнь выступает уже как космическое явление[93].

В.И.Вернадский рассматривает человечество как часть биосферы, которое оказывает на эту систему активное воздействие. Возникающее в процессе биоэволюции человеческое сознание становится особым фактором эволюции, значение которого возрастает с течением времени. Перерастание биосферы в ноосферу как бы является логическим завершением эволюции материи: все части развивающегося мира оказываются взаимосвязанными, и человек закономерно вписывается в этот мир.

В русском космизме достаточно отчетливо осознавалась не только зависимость человека от космоса, но (что особенно важно) обратное влияние человека на окружающий мир.

Соразмерность человека и остального мира послужили основой для развитой русскими космистами идеи о необходимости соизмерять человеческую деятельность с принципами целостности этого мира.

В русском космизме обосновывались принципы нового отношения человека к природе. Фактически он достаточно близко подошел к осознанию тех проблем, которые впоследствии получили название глобальных. По крайней мере, идея возможного экологического кризиса хотя и неявно, но довольно отчетливо звучала в работах представителей этого направления. Вовсе не случайно Н.Г.Холодный подчеркивал, что “изменения, навязываемые человеком природе, имеют свои границы”[94]. Как существо разумное человек должен предвидеть результаты своей деятельности, за которую несет ответственность.

Интуитивное осознание русским космизмом возможных глобальных противоречий между технократической деятельностью человека и гармонией космоса приводило его к поискам выхода из возможного будущего неблагоприятного состояния, в которое может быть ввергнуто человечество.

Практически каждый из космистов предлагал свой вариант будущего развития человечества. К.Э.Циолковский рисовал вполне идиллическую картину: “...климат будет изменяться по желанию надобности. Вся земля делается обитаемой и приносящей великие плоды. Будет полный простор для развития как общественных, так и индивидуальных свойств человека. Техника будущего даст возможность изучить все планеты... несовершенные миры будут ликвидированы и заменены собственным населением. Земля будет отдавать небесным колониям свой избыток людей... В конечном счете, мы увидим бесконечную Вселенную с бесконечным числом совершенных существ”[95].

Более реалистические сценарии рассматривались в концепции В.И.Вернадского. Рассмотрение человека как особой геологической силы, способной радикально изменить мир, в котором он живет, приводили к выводу о возможных негативных последствиях деятельности человека, что может оцениваться как предвидение возможных глобальных экологических кризисов. Вместе с тем Вернадский оптимистично рассматривал перспективы человечества, связывая его будущее с процессами перехода биосферы в ноосферу и возрастанием регулирующей роли человеческого Разума.

Оригинальные размышления, предвосхищающие современную ситуацию глобальных кризисов, были предложены в философии “общего дела” Н.Федорова. Он гениально предостерегал от возможных последствий неразумного обращения с природой. “Человек сделал, по-видимому, все зло, какое только мог относительно и природы (истощения, опустошения, хищничество), относительно и друг друга (изобретение губительных орудий и вообще средств для взаимного уничтожения)”^[96]. Все беды нашей жизни, по мнению Федорова, происходят из-за дисгармонии человека и природы.

Довольно ярко нарисовав картину “всеземного кризиса”, он предложил свой проект решения проблемы “общего дела”. Это общее дело выступает как управление стихийными силами природы. “В регуляции, в управлении силами слепой природы и заключается то великое дело, которое может и должно стать общим”^[97]. В реализации этого проекта Федоров в большей степени полагался на нравственную силу человека и силу его разума. “Космос нуждается в разуме для того, чтобы быть космосом, а не хаосом, — писал он. — Космос (каков он есть, но не каковым он должен быть) есть сила без разума, а человек есть (пока) разум без силы. Но как же разум может стать силой, а сила — разумом? Сила станет разумной тогда, когда разум станет управлять ею. Стало быть, все зависит от человека”^[98].

В концепции Н.Федорова “общее дело” представляло как путь, ведущий человечество к единению и обновлению на гуманистической, нравственной основе.

Таким образом, в философии космизма достаточно отчетливо обозначились два аспекта взаимосвязи человека и космоса: с одной стороны, человек выступал как фрагмент эволюционирующего Космоса, его неотъемлемая часть, зависящая во всех своих проявлениях от космического целого. С другой стороны, сам человек рассматривался в качестве фактора эволюции, развивая свои способности таким образом, что, создавая новую технику и технологию, он начинал активно воздействовать на окружающий мир. И хотя на рубеже XIX—XX веков вера в научно-технический прогресс была достаточно зримой и еще не проявлялись кризисные последствия технократического отношения к миру, космисты предупреждали будущие поколения о возможных негативных последствиях безудержной и ничем не ограниченной технологической эксплуатации природы.

И все же космизм, несмотря на то, что содержал оригинальные идеи и обладал большой прогностической силой, не получил широкого распространения. Фактически он повторил судьбу многих философских концепций, продуктивные идеи которых значительно опережали свою эпоху.

Однако в современной ситуации, когда человечество конца XX столетия оказалось перед лицом экологического кризиса, поиск “общего дела” как регуляции отношений человека и остального мира приобретает уже приоритетное значение.

Можно утверждать, что космизм как особое течение философской мысли оказывается созвучным современным исканиям новых жизненных смыслов и идеалов, гармонизации человека и природы.

Особо следует подчеркнуть совпадение главных принципов философии космизма и многих фундаментальных идей современной научной картины мира и ее мировоззренческих выводов. Космизм возвращает нас к целостному видению мира

как единства человека и космоса. Он способен сыграть позитивную роль в синтезе идей, развиваемых в западноевропейской культурной традиции и в восточных философских системах, где человек изначально рассматривался как неотъемлемая часть Космоса. Соответственно идеи космизма органично включаются в разработку новой метафизики, которая могла бы стать философским основанием постнеклассического этапа развития науки, обеспечивая дальнейшее развитие общенаучной картины мира в русле идеологии глобального эволюционизма, представлений о “человекообразных”, исторически развивающихся системах и идеалов “антропокосмизма”.

Открытый характер современной научной картины мира обнаруживает ее удивительную соразмерность не только принципам философии русского космизма, но и многим мировоззренческим идеям, выработанным в традиционных восточных культурах. Наиболее отчетливо это проявляется при осмыслении в терминах синергетики и глобального эволюционизма ряда фундаментальных идей восточной философии, которые долгое время не находили адекватного понимания в европейской культурной традиции.

Прежде всего это относится к представлениям о мире как о едином организме, различные части которого находятся в своеобразном резонансном отношении друг к другу.

Эта онтология имманентно полагала идеал гармонии человека и природы и их внутреннего единства. Стремление к единству нашло свое выражение в положении “одно во всем и все в одном”, которое было доминирующим принципом даосизма и конфуцианства[99]. В буддизме оно выражено в учении о дхарме. “Все элементы дхармы являются чем-то однородным и равносильным; все они между собой связаны”[100].

Для восточных культур, в частности древнекитайских философских учений, характерным является представление о мире как об огромном живом организме. Он не представлялся дуально разделенным на природный и человеческий мир, а воспринимался как органическое целое, все части которого коррелятивно связаны и влияют друг на друга. Эта космология исключала противопоставление субъекта объекту и базировалась на признании двуединой природы вещей в соответствии с моделью *инь* и *ян*[101]. Последние представляли собой две первичные силы, через которые выражалась дуполярность бытия: *инь* выступало как отрицательный полюс, олицетворяющий пассивное (женское) начало, и *ян* как положительное, активное, созидательное (мужское) начало. Находясь во взаимосвязи как свет и тьма, *инь* и *ян* постоянно чередуются и взаимодействуют друг с другом[102].

Концепция *инь* и *ян* лежала в основе понимания всеобщей взаимосвязанности явлений и их взаимного резонанса. “Все пронизывает единый путь — *дао*, все связано между собой. Жизнь едина и стремление каждой ее части должно совпадать со стремлением целого”[103].

Человек, включенный в мир, должен ощутить мировой ритм, привести свой разум в соответствие с “небесным ритмом”, и тогда он сможет постичь природу вещей и услышать “музыку человечества”[104].

Сама идея ритмов мира, их воздействия друг на друга, включая ритмы человеческой жизнедеятельности в процессе этого взаимодействия, для европейского ума долгое время представлялась не имеющей серьезной опоры в научных фактах, казалась чем-то мистическим и рационально невыразимым. Однако в современной научной картине мира, ассимилирующей достижения синергетики, формируются новые понимания о взаимодействии частей целого и о согласованности их изменений. Выясняется, что в сложных системах особую роль начинают играть несиловые взаимодействия, основанные на кооперативных эффектах.

Для открытых, самоорганизующихся систем такие взаимодействия выступают конституирующим фактором. Именно благодаря им система способна переходить от одного состояния самоорганизации к другому, порождая новые структуры в процессе своей эволюции.

Кооперативные свойства прослеживаются в самых различных саморегулирующихся системах, состоящих из очень большого числа элементов и подсистем. Их можно обнаружить, например, в поведении плазмы, в когерентных излучениях лазеров, в морфогенезе и динамике популяций, в экономических процессах рыночного саморегулирования[105].

Например, при определенных критических порогах энергетической накачки лазера возникает эффект испускания световой волны атомами: они действуют строго коррелятивным образом, каждый атом испускает чисто синусоидальную волну, как бы согласуясь с поведением другого излучающего атома, т.е. возникает эффект самоорганизации[106].

Сходные эффекты можно наблюдать в явлениях эмбрионального деления клеток, когда каждая клетка, находящаяся в ткани, получает информацию о своем положении от окружающих клеток, и таким образом происходит их взаимосогласованная дифференциация[107]. “В экспериментах, проведенных на эмбрионах, клетка центральной части тела после пересадки в головной отдел развивалась в глаз. Эти эксперименты показали, что клетки не располагают информацией о своем последующем развитии с самого начала (например, через ДНК), а извлекают ее из своего положения в клеточной ткани”[108].

Синергетика обобщает подобные ситуации кооперативных эффектов взаимодействия элементов и подсистем в сложных самоорганизующихся системах. “Резонанс” функционирования частей в таких системах и наличие кооперативных эффектов рассматривается ею в качестве одного из важных проявлений самоорганизации.

Если с этих позиций вновь обратиться к идеям восточных философий о “резонансе” различных частей единого космического целого, то они уже обретают новое звучание, во всяком случае могут быть восприняты как мировоззренческая догадка, которая находит отклик в современных представлениях научной картины мира, реализующей “синергетический” подход к описанию различных процессов природы, социальной жизни и человеческого духа.

Можно привести и другие параллели между космологическими представлениями традиционных восточных культур и идеями синергетики, включенными в современную научную картину мира.

В традиционных мировоззренческих системах Востока особую роль играло понятие небытия, которое воспринималось как вся полнота мира. Небытие трактовалось как реальность, из которой бытийственные ситуации (предметы, процессы, явления) как бы выплывают, повинувшись строгому ритму мирового развития, и затем, исчерпав себя, вновь возвращаются в небытие[109].

Крайне интересно сопоставить эти идеи с фундаментальными представлениями синергетики о возникновении структур в нелинейной среде. Нелинейная среда как потенциально возможное поле структур, в которой они возникают и пропадают, является особой реальностью, порождающей данные структуры. Если мысленно представить бесконечное количество потенциально возможных структур в бесконечно сложной нелинейной среде, то по отношению к уже ставшим и исчезнувшим структурам она предстает в качестве аналога небытия, в котором заложена вся будущая полнота бытия.

Древневосточные представления о мире как целостном организме, в который включен человек, о резонансе между различными частями этого организма,

формировали иной, чем в западной техногенной культуре, идеал человеческой деятельности.

Понимание человека как демиурга, осуществляющего силовое преобразование объектов с целью подчинения их своей власти, было чуждо восточным культурам. Как подчеркивал Г.Гессе, люди, сформированные в традициях этих культур, ставили перед собой ту же цель — умение управлять законами природы, но шли они к этому совершенно иными путями. “Они не отделяли себя от природы и не пытались насильственно вторгаться в ее тайны, они никогда не противопоставляли себя природе и не были враждебны ей, а всегда оставались частью ее, всегда любили ее благоговейной любовью”[\[110\]](#).

В китайской культурной традиции полагалось, что деятельность человека по отношению к природе не должна носить характер насилия. Как отмечал Дж.Нидам, сила в рамках данной традиции всегда признавалась малоперспективным образом действий. В китайской культуре человек ассоциировался с образом крестьянина, а не мореплавателя или скотовода (для которых характерна склонность к командованию и подчинению). “Но крестьянин, если он сделал все, что положено, вынужден ждать урожая. Одна из притч китайской философской литературы высмеивает человека из царства Сун, который проявлял нетерпение и недовольство, глядя, как медленно растут злаки, и принялся тянуть растения, чтобы заставить их вырасти скорее”[\[111\]](#).

В китайских учениях противопоставление силы ненасильственному действию получило развитие в терминах “вэй” и “у-вэй” (приложение силы и недеяние). Недеяние (у-вэй) означало не отсутствие какого-либо действия, а такое действие, которое позволяет природе развиваться собственным путем. “Совершенно мудрый, совершая дела, предпочитает недеяние. Осуществление недеяния всегда приносит спокойствие”[\[112\]](#).

Показательно, что принцип “у-вэй”, отвергающий способ действия, основанный на постоянном силовом вмешательстве в протекание природных процессов, в наше время довольно неожиданно начинает коррелировать с представлениями синергетики о возможных стратегиях управления сложными самоорганизующимися системами.

Выясняется, например, что такого рода система, подвергаемая насильственному и активному силовому давлению извне, может не порождать новых состояний и новых структур, а будет “сбиваться” к прежним структурам. Но если она проходит через точку бифуркации, то небольшое энергетическое “воздействие-укол” в нужном пространственно-временном локусе оказывается достаточным, чтобы система перестроилась и возник новый тип структур[\[113\]](#).

Как уже отмечалось выше, взаимодействие человека со сложными открытыми системами протекает таким образом, что само человеческое действие не является чем-то внешним, а как бы включается в систему, видоизменяя каждый раз поле ее возможных состояний.

Отсюда в стратегии деятельности оказывается важным определить пороги вмешательства в протекающие процессы и обеспечить за счет минимизированного воздействия именно такие направления развития системы, которые позволяют избежать катастрофических последствий и обеспечивают достижение человеческих целей.

Принцип “у-вэй” ориентировал на весьма сходные стратегии поведения и деятельности человека. Он требовал почувствовать естественные ритмы природного мира и действовать в соответствии с ними, позволяя самой природе разворачивать свои внутренние потенции и выбирать такие пути развития процессов, которые согласуются с человеческими потребностями.

В древнекитайской философии подчеркивалось, что только у людей, “неосведомленных в истинных законах бытия”, принцип “у-вэй” понимается как отсутствие действия, покорность и безропотность. Но у мудрецов, развивших в себе понимание *дао*, “недеяние” означало не отсутствие действия, а естественное действие, соответствующее природе вещей[114].

В связи с обсуждением идеалов человеческой деятельности важно выделить еще один чрезвычайно важный аспект в восточных учениях, который перекликается с современными поисками новых ценностей и стратегий человеческой жизнедеятельности.

Речь идет о взаимосвязи нравственности и истины, достижение которой всегда провозглашалось целью научного знания.

Вопрос об их соотношении постоянно обсуждался в западной философии, но ее решение было таковым, что процесс постижения истины уже сам по себе полагался нравственным деянием.

Научная революция в Европе, как подчеркивал Дж.Нидам, обособила научную истину от этики, отчего мир стал более опасным, тогда как в восточных учениях такого обособления никогда не было[115]. В них развивалась более тонкая трактовка отношения истины и нравственности. Истинное знание, с точки зрения восточных мудрецов, заключается не в исследовании объектов с целью овладения ими, а в достижении однобытия с миром[116]. Познать вещь можно только следуя *дао*, рассматриваемого как естественный путь вещей и одновременно как нравственный путь, который должен пройти человек. *Дао* открывается только нравственным людям, и только оно способно привести людей к совершенству[117].

Для того чтобы истина открылась человеку, ему необходимо нравственное самовоспитание. Активность человека, направленная на постижение внешнего мира, и его активность, направленная на совершенствование своего внутреннего мира, должны быть согласованы и предполагают друг друга.

Одной из древнейших и фундаментальных в китайской философии была идея космического значения моральных качеств человека. Размышляя о резонансе всех частей космоса, китайские мудрецы считали, что “от поведения человека, от его нравственности зависит порядок в космосе, правильная смена времен года, жары и холода”[118]. Путь в образе *дао*, или *неба*, регулирует поступки людей. Но *небо* “может и повернуться лицом к человеку и отвернуться от него”. Не случайно китайцы говорят, что “*небо* действует в зависимости от поступков людей”[119]. Стихийные бедствия в Древнем Китае воспринимались как свидетельства неправильного правления, как показатель безнравственного поведения властителей”[120].

Конечно, если эти идеи понимать буквально, то они выглядят мистически. Но в них скрыт и более глубокий смысл, связанный с требованием этического регулирования познавательной и технологической деятельности людей (включая технологии социального управления). И в этом, более глубоком смысле они вполне созвучны современным поискам новых мировоззренческих ориентиров цивилизационного развития.

Таким образом, в конце XX столетия, когда человечество оказалось перед проблемой выбора новых стратегий выживания, многие идеи, разработанные в традиционных восточных учениях, согласуются с возникающими в недрах современной техногенной культуры новыми ценностями и мировоззренческими смыслами, которые формируются в разных сферах этой культуры, включая научное познание.

Развитие современной научной картины мира обосновывает в качестве своих мировоззренческих следствий новые способы понимания мира, которые перекликаются с забытыми достижениями традиционных культур.

Можно констатировать, что развитие современной научной картины мира органично включено в процессы формирования нового типа планетарного мышления, основанного на толерантности и диалоге культур и связанного с поиском выхода из современных глобальных кризисов.

Приобретая открытый характер, научная картина мира вносит свой вклад в процессы синтеза различных культур. Она соединяет новые подходы, возникшие на почве развивающейся научной рациональности, всегда выступавшей ценностью техногенной (западной) цивилизации, с идеями, разработанными в совсем иной культурной традиции и возникшими в восточных учениях и в “космической философии”.

Современная научная картина мира включена в диалог культур, развитие которых до сих пор шло как бы параллельно друг другу. Она становится важнейшим фактором кросскультурного взаимодействия Запада и Востока.

Примечания

[1] Идеи, развиваемые в этой главе, являются результатом моих исследований последних лет. Частично эти результаты опубликованы в моих работах: Научное познание и ценности техногенной цивилизации // Вопросы философии. 1989. № 10. С. 3—18; Перспективы цивилизации: от культа силы к диалогу и согласию // Этическая мысль, 1991. М., 1992. С. 182—200; Философская антропология и философия науки. М., 1992. С. 177—189; Философия в диалоге культур // Человек—философия—наука. Основные доклады и обзоры Первого Российского философского конгресса. Т. 9. Спб., 1998. С. 23—34, а также, в более полном варианте, представлены в книге “Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации” (1994), написанной мной совместно с Л.Ф.Кузнецовой.

2 *Capra F.* Uncommon Wisdom, Conversations with Remarkable People. Toronto; N.Y., 1989. P. 113.

3 В данном случае имеется в виду постановка проблемы в рамках науки, что же касается философии, то в ней высказывались идеи о глобальной космической эволюции, опережающие науку своего времени.

4 *Моисеев Н.Н.* Логика универсального эволюционизма и кооперативность // Вопросы философии. 1989. № 8. С. 53.

5 В последующих рассуждениях мы будем пользоваться этими терминами как синонимами.

6 *Моисеев Н.Н.* Стратегия разума // Знание — сила. 1986. № 10. С. 25.

7 Там же.

8 См.: *Саушкин Ю.Г.* История и методология географической науки. М., 1976; *Кальвин М.* Химическая эволюция. М., 1971; *Кузнецов В.И.* Диалектика развития химии. М., 1973; *Руденко А.П.* Химическая эволюция и биогенез // Философия и социология науки и техники. Ежегодник. 1987. М., 1987; и др.

9 *Силк Дж.* Большой взрыв: рождение и эволюция Вселенной. М., 1982. С. 16—17.

10 *Фридман А.А.* Мир как пространство и время. М., 1965; О концепции А.А.Фридмана см.: *Еремеева А.И.* Астрономическая картина мира и ее творцы. М., 1985. С. 160—161.

11 *Гут А.Г., Стейнхардт П.Дж.* Раздувающаяся Вселенная // В мире науки. 1984. № 7 С. 59.

12 Там же. С.59.

13 *Линде А.Д.* Раздувающаяся Вселенная // Успехи физ.наук. 1984. Т. 144. Вып. 2. С. 177—214; *Гут А.Г., Стейнхардт П.Дж.* Раздувающаяся Вселенная. С. 56—69.

- 14 *Линде А.Д.* Раздувающаяся Вселенная. С. 210.
- 15 *Гут А.Г., Стейнхардт П.Дж.* Раздувающаяся Вселенная. С. 56.
- 16 *Картер Б.* Совпадение больших чисел и антропологический принцип в космологии // *Космология: теория и наблюдения.* М., 1978. С. 370.
- 17 Там же. С. 372—373.
- 18 Подробнее см.: *Казютинский В.В.* Вселенная в научной картине мира и социально-практической деятельности человечества // *Философия, естествознание, социальное развитие.* М., 1989. С. 199—213.
- 19 *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М., 1985. С. 9.
- 20 *Климонтович Н.Ю.* Без формул о синергетике. Минск, 1986. С. 56-58.
- 21 *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. С. 47.
- 22 *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. С. 53.
- 23 Характерным примером служит тот факт, что реакция Белоусова—Жаботинского, которая является одной из ярких демонстраций синергетических эффектов, в период ее открытия не получила научного обоснования и не была принята научным сообществом.
- 24 *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. С. 54-55.
- 25 Там же.
- 26 Там же. С. 17—18.
- 27 Там же. С.28—29.
- 28 *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. С. 386.
- 29 *Климонтович Н.Ю.* Без формул о синергетике. С. 104.
- 30 *Jantsch E.* The Self-organizing universe: science a human implications of the emerging paradigm of evolution. Oxford, 1980. P. 19.
- 31 *Jantsch E.* Op. cit. P. 19.
- 32 Ibid. P.19.
- 33 *Гленсдорф П., Пригожин И.* Термодинамическая теория структуры устойчивости и флуктуаций. М., 1973. С. 260.
- 34 *Тоффлер О.* Наука и изменение. Предисловие к кн. *Пригожин И., Стенгерс И.* “Порядок из хаоса”. С. 17.
- 35 См.: *Добронравова И.С.* Синергетика: становление нелинейного мышления. Киев, 1991. С. 7.
- 36 О роли теории эволюционного катализа в утверждении идей химической эволюции см. подробнее: *Руденко А.П.* Химическая эволюция и биогенез // *Философия и социология науки.* М., 1987. С. 70—78.
- 37 *Казютинский В.В.* Концепция глобального эволюционизма в научной картине мира // *О современном статусе идеи глобального эволюционизма.* М., 1986. С. 70.
- 38 *Вернадский В.И.* Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. М., 1977. С. 14.
- 39 Там же. С. 15.
- 40 *Водопьянов П.А.* Устойчивость и динамика биосферы. Минск, 1981. С. 193—194.
- 41 *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки. М.-Л., 1940. С. 47.
- 42 *Вернадский В.И.* Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. С. 13.
- 43 Там же. С. 18—19.
- 44 Там же. С. 19.
- 45 *Вернадский В.И.* Несколько слов о ноосфере // *Успехи совр. биологии.* 1944. Т. XVIII. Вып. 2. С. 117.
- 46 Там же. С.114—115.

- 47 *Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии. М., 1934. С. 82.
- 48 *Моисеев Н.Н.* Человек во Вселенной и на Земле // Вопросы философии. 1990. № 6. С. 40—41.
- [49] *Сноу Ч.* Две культуры. М., 1973. С. 21—43.
- [50] *Гуревич А.Я.* Социальная история и историческая наука // Вопр. философии. 1990. № 4. С.30—31.
- [51] *Бахтин М.М.* Эстетика словесного творчества. М., 1980. С. 383.
- [52] См.: *Карпинская Р.С.* Биология, идеалы научности и судьбы человечества // Вопр. философии. 1992. № 11. С. 145—146.
- [53] *Prigogine I., Stengers I.* La nouvelle alliance: Metamorphose de la science. P., 1981. P. 296.
- [54] Такое состояние отношения человека и природы Н.Н.Моисеев называет экологическим императивом. См.: *Моисеев Н.Н.* Человек во Вселенной и на Земле. С. 40.
- [55] *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 42. С. 124.
- [56] *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки. С. 176.
- [57] *Уайт Л.* Исторические корни нашего экологического кризиса // Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. М., 1990. С. 196—197.
- [58] Там же. С. 197—198.
- [59] См.: *Кара-Мурза С.Г.* Наука и кризис цивилизации // Вопр. философии. 1990. № 9. С. 3—15.
- [60] *Зеленков А.И., Водопьянов П.А.* Динамика биосферы и социокультурные традиции. Минск, 1987. С. 81.
- [61] *Ласло Э.* Новое понимание эволюции. Вступление в глобальную эру // Один мир для всех. М., 1990. С. 23—31.
- [62] *Капра Ф.* Смена парадигм и сдвиг в шкале ценностей // Там же. С. 33.
- [63] Там же. С. 33.
- [64] *Мейси Д.* Единая экология // Один мир для всех. М., 1990. С. 82.
- [65] *Атфилд Р.* Этика экологической ответственности // Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. М., 1990. С. 240; *Уайт Л.* Исторические корни нашего экологического кризиса // Там же. С. 200.
- [66] *Laszlo E.* Introduction to system Philosophy. N.Y., 1972. P. 281.
- [67] *Леопольд О.* Календарь песчаного графства. М., 1983. С. 200.
- [68] Там же. С. 220.
- [69] *Швейцер А.* Благоговение перед жизнью как основа этического миро- и жизнеутверждения // Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. М., 1990. С. 339; *Швейцер А.* Благоговение перед жизнью. М., 1992.
- [70] См.: *Шуинов Ф.Я.* Биосферная этика // Экологическая альтернатива. М., 1990. С. 450.
- [71] *Prigogine I., Stengers I.* Op. cit. P. 273, 296.
- [72] *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. С. 371.
- [73] *Хабермас Ю.* Демократия. Разум. Нравственность. М., 1992. С. 85.
- [74] Там же. С. 131.
- [75] *Швырев В.С.* Рациональность как ценность культуры // Вопр. философии. 1992. № 6. С. 98.
- [76] Этот социальный эксперимент обстоятельно проанализирован в работах Н.И.Кузнецовой. См.: *Кузнецова Н.И.* Наука в ее истории. М., 1982.
- [77] *Гиренок Ф.И.* Русские космисты. М., 1990. С. 5.
- [78] *Федоров Н.Ф.* Соч. М., 1982. Анализ концепции Н.Федорова см., напр.: *Коган Л.А.* Философия Н.Ф.Федорова // Вопр. философии. 1990. № 11. С. 74—84.
- [79] *Холодный Н.Г.* Избр. труды. Киев, 1982. С. 187.
- [80] Там же. С. 175.

- [81] Там же. С. 178—197.
- [82] Умов Н.А. Собр. соч. М., 1916. Т. 3. С. 215.
- [83] Циолковский К.Э. Грезы о земле и небе. Тула, 1986. С. 302, 278.
- [84] Там же. С. 378.
- [85] Там же. С. 302.
- [86] Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М., 1976. С. 27.
- [87] Там же. С. 24, 26.
- [88] Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. С. 33, 331.
- [89] Там же. С. 246.
- [90] Вернадский В.И. Живое вещество. С. 40.
- [91] Там же. С. 12.
- [92] Там же. С. 31—33.
- [93] Вернадский В.И. Живое вещество. С. 43, 36.
- [94] Холодный Н.Г. Избр. труды. С. 142.
- [95] Циолковский К.Э. Грезы о земле и небе. С. 287—290.
- [96] Федоров Н.Ф. Соч. С. 55.
- [97] Там же. С. 58—59.
- [98] Федоров Н.Ф. Соч. С. 535.
- [99] См.: Григорьева Т.П. Японская художественная традиция. М., 1979. С. 119.
- [100] Розенберг О.О. Труды по буддизму. М., 1991. С. 128.
- [101] Григорьева Т.П. Японская художественная традиция. С. 106—112, 148.
- [102] Восток—Запад. Исследования. Переводы. Публикации. М., 1982. С. 244.
- [103] Древнекитайская философия. М., 1972. Т. 1. С. 26.
- [104] Григорьева Т.П. Японская литература XX века. М., 1983. С. 127.
- [105] См. подробнее: Хакен Г. Синергетика. С. 19—38.
- [106] Там же. С. 26.
- [107] Там же. С. 34.
- [108] Там же.
- [109] См.: Григорьева Т.П. Японская художественная традиция.
- [110] Гессе Г. Игра в бисер. М., 1969. С. 445.
- [111] Ниддам Дж. Общество и наука на Востоке и на Западе // Наука о науке. М., 1966. С. 159—160.
- [112] Древнекитайская философия. Т. 1. С. 115—116.
- [113] Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., 1990.
- [114] Григорьева Т.П. Японская литература XX вв. С. 128.
- [115] Ниддам Дж. Предвестники современной науки // Курьер ЮНЕСКО. 1988. Ноябрь. С. 8.
- [116] Григорьева Т.П. Японская художественная традиция. С. 75.
- [117] Древнекитайская философия. Т. 1. С. 114, 119—121, 128.
- [118] Григорьева Т.П. Японская художественная традиция. С. 112.
- [119] Го Юй. Речи царств. М. 1987. С. 298.
- [120] Григорьева Т.П. Японская художественная традиция. С. 113.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведем основные итоги проведенного исследования.

1. Теоретическое знание возникает как результат исторического развития культуры и цивилизации. Его первичные образцы были представлены философскими знаниями, которые являлись единственной формой теоретического на этапе преднауки. Переход от преднауки к науке привел к возникновению научного теоретического знания, которое в дальнейшем развитии культуры становится репрезентантом теоретического.

2. Развитая наука в отличие от преднауки не ограничивается моделированием только тех предметных отношений, которые уже включены в наличную практику производства и обыденного опыта. Она способна выходить за рамки каждого исторически определенного типа практики и открывать для человечества новые предметные миры, которые могут стать объектами массового практического освоения лишь на будущих этапах развития цивилизации. В свое время Лейбниц характеризовал математику как науку о возможных мирах. В принципе эту характеристику можно отнести к любой фундаментальной науке.

3. Прорывы к новым предметным мирам становятся возможными в развитой науке благодаря особому способу порождения знаний. На этапе преднауки модели преобразования объектов, включенных в деятельность, создавались путем схематизации практики. Объекты практического оперирования замещались в познании идеальными объектами, абстракциями, которыми оперирует мышление, а отношения идеальных объектов, операции с ними также абстрагировались из практики, представляя собой своего рода схему практических действий. В развитой науке этот способ хотя и используется, но утрачивает доминирующие позиции. Главным становится способ построения знаний, при котором модели предметных отношений действительности создаются вначале как бы сверху по отношению к практике. Идеальные объекты, выступающие элементами таких моделей, создаются не за счет абстрагирования свойств и отношений объектов реальной практики, а конструируются на основе оперирования ранее созданными идеальными объектами. Структура (сетка связей), в которую они погружаются, также не извлекаются непосредственно из практики (за счет абстрагирования и схематизации реальных связей объектов), а транслируются из ранее сложившихся областей знания. Создаваемые таким путем модели выступают в качестве гипотез, которые затем, получив обоснование, превращаются в теоретические схемы изучаемой предметной области.

Именно теоретическое исследование, основанное на относительно самостоятельном оперировании идеализированными объектами, способно открывать новые предметные области до того, как они начинают осваиваться практикой. Теоретизация выступает своеобразным индикатором развитой науки.

4. Теоретический способ исследования и, соответственно, переход от преднауки к науке в собственном смысле слова, вначале осуществился в математике, потом в естествознании и, наконец, в технических и социально-гуманитарных науках. Каждый из этих этапов развития науки имел свои социально-культурные предпосылки. Становление математики как теоретической науки было связано с культурой античного полиса, утверждавшимися в ней ценностями публичной дискуссии, идеалами обоснования и доказательности, отличающими знание от мнения.

Предпосылками естествознания, соединившего математическое описание природы с экспериментом, было становление основных мировоззренческих универсалий техногенной культуры: понимание человека как активного, деятельного существа, преобразующего мир; понимание деятельности как креативного процесса, обеспечивающего власть человека над объектами; отношение к любому виду труда как к ценности; понимание природы как закономерно упорядоченного поля объектов, противостоящего человеку; трактовка целей познания как рационального постижения законов природы и т.п. Все эти ценности и жизненные смыслы, формировавшиеся в эпоху Ренессанса, Реформации и раннего Просвещения, были радикально отличны от понимания человека, природы, человеческой деятельности и познания, которые доминировали в традиционалистских культурах.

В последующем развитии техногенной цивилизации, на этапе ее индустриального развития возникают предпосылки становления технических и социально-гуманитарных наук. Интенсивное развитие промышленного производства порождает потребности в изобретении и тиражировании все новых инженерных устройств, что создает стимулы формирования технических наук с присущим им теоретическим уровнем исследования. В этот же исторический период относительно быстрые трансформации социальных структур, разрушение традиционных общинных связей, вытесняемых отношениями “вещной зависимости”, возникновение новых практик и типов дискурса, объективирующих человеческие качества, создают предпосылки становления социально-гуманитарных наук. Возникают условия и потребности в выяснении способов рациональной регуляции стандартизируемых функций и действий индивидов, включаемых в те или иные социальные группы, способов управления различными социальными объектами и процессами. В контексте этих потребностей формируются первые программы построения наук об обществе и человеке.

5. Научные знания представляют собой сложную развивающуюся систему, в которой по мере эволюции возникают все новые уровни организации. Они оказывают обратное воздействие на ранее сложившиеся уровни и трансформируют их. В этом процессе постоянно появляются новые приемы и способы теоретического исследования, меняется стратегия научного поиска. В своих развитых формах наука предстает как дисциплинарно организованное знание, в котором отдельные отрасли – научные дисциплины (математика, естественнонаучные дисциплины – физика, химия, биология и др.; технические и социальные науки) выступают в качестве относительно автономных подсистем, взаимодействующих между собой.

Научные дисциплины возникают и развиваются неравномерно. В них формируются различные типы знаний, причем некоторые из наук уже прошли достаточно длительный путь теоретизации и сформировали образцы развитых и математизированных теорий, а другие только вступают на этот путь.

В качестве исходной единицы методологического анализа структуры теоретического знания следует принять не отдельно взятую теорию в ее взаимоотношении с опытом (как это утверждалось в так называемой стандартной концепции), а научную дисциплину. Структура знаний научной дисциплины определена уровневой организацией теорий разной степени общности -- фундаментальных и частных (локальных), их взаимоотношениями между собой и со сложно организованным уровнем эмпирических исследований (наблюдений и фактов), а также их взаимосвязью с основаниями науки. Основания науки выступают системообразующим фактором научной дисциплины. Они включают: 1) специальную научную картину мира (дисциплинарную онтологию), которая вводит обобщенный образ предмета данной науки в его главных системно-структурных характеристиках; 2) идеалы и нормы исследования (идеалы и нормы описания и объяснения, доказательности и обоснования, а также идеалы строения и организации знания), которые определяют обобщенную схему метода научного познания; 3) философские основания науки, которые обосновывают принятую картину мира, а также идеалы и нормы науки, благодаря чему вырабатываемые наукой представления о действительности и методах ее познания включаются в поток культурной трансляции.

Основания науки имеют наряду с дисциплинарной, также и междисциплинарную компоненту. Ее образуют: общенаучная картина мира как особая форма систематизации научных знаний, формирующая целостный образ Вселенной, жизни, общества и человека (дисциплинарные онтологии предстают по отношению к общенаучной картине мира в качестве ее аспекта или фрагмента), а также особый слой содержания идеалов, норм познания и философских оснований

науки, в котором выделяются инвариантные характеристики научности, принятые в ту или иную историческую эпоху (эти характеристики конкретизируются применительно к особенностям предмета и методов каждой научной дисциплины). Междисциплинарная компонента оснований науки обеспечивает взаимодействие различных наук, переносы идей и методов из одной науки в другую. Теоретическое знание функционирует и развивается как сложная система внутридисциплинарных и междисциплинарных взаимодействий.

6. Содержательная структура научных теорий определена системной организацией идеализированных (абстрактных) объектов (теоретических конструктов). Высказывания теоретического языка непосредственно формулируются относительно теоретических конструктов, и лишь опосредованно, благодаря их отношениям к внеязыковой реальности, описывают эту реальность. В сети абстрактных объектов (конструктов) научной теории можно выделить особые подсистемы, построенные из небольшого набора базисных конструктов. В своих связях они образуют теоретические модели исследуемой реальности. Эти модели включаются в состав теории и образуют ее “внутренний скелет”. Относительно них формулируются теоретические законы. Такого рода модели, составляющие ядро теории, можно назвать теоретическими схемами. Их следует отличать от аналоговых моделей, которые используются в качестве средства построения теории, являются ее “строительными лесами” и не входят в ее состав.

В развитой теории можно обнаружить фундаментальную теоретическую схему, относительно которой формулируются базисные законы теории, и частные теоретические схемы, относительно которых формулируются законы меньшей степени общности, выводимые из базисных. Эти схемы и соответствующие им законы образуют уровневую иерархию. В составе теоретических знаний научной дисциплины отдельные частные теоретические схемы и законы могут иметь самостоятельный статус. Они исторически предшествуют развитым теориям. Теоретические схемы отображают научную картину мира (дисциплинарную онтологию) и эмпирический материал, объясняемый теорией. Оба этих отображения фиксируются посредством особых высказываний, которые характеризуют абстрактные объекты теории в терминах картины мира и в терминах идеализированных экспериментов, опирающихся на реальный опыт. Последние высказывания суть операциональные определения. Они имеют сложную структуру и не сводятся к описанию реальных измерительных ситуаций, хотя и включают такие описания в свой состав.

Связь математического аппарата с теоретической схемой, отображенной на научную картину мира, обеспечивает его семантическую интерпретацию, а связь теоретической схемы с опытом – эмпирическую интерпретацию.

7. Теоретические схемы играют важнейшую роль в развертывании теории, которая осуществляется не только за счет методов дедуктивного вывода с применением формальных операций (получение из уравнений их следствий), но и генетически-конструктивным путем, за счет мысленных экспериментов с теоретическими схемами. Представление о функционировании теории как гипотетико-дедуктивной системе нуждается в существенной корректировке. В теориях, которые не относятся к типу формализованных систем (а таких теорий подавляющее большинство в естествознании, технических и социальных науках), вывод из базисных законов их теоретических следствий предполагает сложные процессы трансформации теоретических схем, редукцию фундаментальной теоретической схемы к частным. Такая редукция соединяет дедуктивные и индуктивные приемы исследования и составляет основу решения теоретических задач. Развертывание теории осуществляется как решение теоретических задач, отдельные из которых включены в состав теории в качестве “парадигмальных

образцов” (Т. Кун). Представления о структуре теоретических схем и генетически конструктивных приемах построения теории позволяет значительно конкретизировать поставленную Т. Куном проблему образцов как обязательного элемента в структуре теории опытных наук.

8. Проблема формирования теории и ее понятийного аппарата предстает в первую очередь в качестве проблемы генезиса теоретических схем. Такие схемы создаются вначале как гипотезы, а затем обосновываются опытом. Построение теоретических схем в качестве гипотез осуществляется путем перенесения абстрактных объектов из других областей теоретического знания и соединения этих объектов в новой “сетке отношений”. Этот способ формирования гипотетических моделей может осуществляться в двух вариантах: за счет содержательных операций с понятиями и за счет выдвижения математических гипотез (во втором случае вместе с гипотетическими уравнениями неявно вводится и гипотетическая модель, обеспечивающая предварительную интерпретацию уравнений).

В формировании гипотетического варианта теоретической схемы активную роль играют основания науки. Они определяют постановку проблем и задач, и выбор средств, необходимых для выдвижения гипотезы. Основания науки функционируют как глобальная исследовательская программа, целенаправляющая научный поиск.

9. При построении гипотетических моделей абстрактные объекты наделяются новыми признаками, поскольку они вводятся в новой системе отношений. Обоснование гипотетических моделей опытом предполагает, что новые признаки абстрактных объектов должны быть получены в качестве идеализаций, опирающихся на те новые эксперименты и измерения, для объяснения которых создавалась модель. Такую процедуру предложено назвать методом *конструктивного обоснования теоретической схемы*. Схемы, прошедшие через эту процедуру, как правило, приобретают новое содержание по сравнению со своим первоначальным гипотетическим вариантом. Отображаясь на картину мира, они приводят к изменениям в этой картине. За счет всех этих операций происходит развитие научных понятий. В создании концептуального аппарата теории решающую роль играют не только выдвижение, но и обоснование гипотезы. В свою очередь, обоснование гипотез и их превращение в теорию создают средства для будущего теоретического поиска.

10. Метод конструктивного обоснования позволяет выявлять “слабые точки” в теории и тем самым обеспечивает эффективную перестройку научного знания. Он открывает возможности эффективной проверки непротиворечивости теоретического знания, позволяя обнаружить скрытые парадоксы в теории до того, как они будут выявлены стихийным ходом развития познания. Метод конструктивности следует рассматривать как развитие рациональных элементов принципа наблюдаемости.

11. Обнаружение процедуры “конструктивного обоснования” позволяет решить проблему генезиса “парадигмальных образцов” теоретических задач. Построение развитой теории осуществляется как поэтапный синтез и обобщение частных теоретических схем и законов. В каждом новом шаге этого обобщения проверяется сохранение прежнего конструктивного содержания, что автоматически вводит образцы редукции обобщающей теоретической схемы к частным. На заключительном этапе теоретического синтеза, когда создается фундаментальная теоретическая схема и формулируются базисные законы теории, проверка их конструктивного смысла осуществляется как построение на основе полученной фундаментальной теоретической схемы всех ассимилированных ею частных теоретических схем. В результате возникают парадигмальные образцы решения теоретических задач. Последующее развитие теории и расширение области ее приложения включает в ее состав новые образцы. Но базисными остаются те, которые возникли в процессе становления теории. Теория хранит в себе следы своей

прошлой истории, воспроизводя в качестве типовых задач и образцов их решения основные этапы своего становления.

12. Стратегии теоретического поиска изменяются в историческом развитии науки. Такие изменения предполагают перестройку оснований науки и характеризуются как научные революции. Можно выделить два типа таких революций. Первый из них, описанный Т. Куном, связан с появлением аномалий и кризисов, вызванных экспансией науки в новые предметные области. Их механизмы можно конкретизировать, учитывая структуру оснований науки и процедуры постоянного соотношения с основаниями возникающих теорий. Второй, весьма слабо проанализированный в методологической литературе, может возникать без аномалий и кризисов, за счет междисциплинарных взаимодействий. В этом случае осуществляются переносы из одной науки в другую различных элементов дисциплинарных онтологий, идеалов и норм и философских оснований. Такого рода “парадигмальные прививки” приводят к переформулировке прежних задач научной дисциплины, постановке новых проблем и появлению новых средств их решения. Примером первого типа научных революций может служить становление теории относительности и квантовой механики. Примерами второй – возникновение дисциплинарно организованной науки конца XVIII первой половины XIX столетия, а также современные “обменные процессы” между кибернетикой, биологией и лингвистикой.

13. Перестройка оснований науки в периоды научных революций осуществляется с одной стороны под давлением нового эмпирического и теоретического материала, возникающего внутри научных дисциплин, а с другой, -- под влиянием социокультурных факторов. Научные революции представляют собой своеобразные “точки бифуркации” в развитии знания, когда обнаруживаются различные возможные направления (сценарии) развития науки. Из них реализуются те направления (исследовательские программы), которые не только дают позитивный эмпирический и теоретический сдвиг проблем (И. Лакатос), но и вписываются в культуру эпохи, согласуются с возможными модификациями смысла ее мировоззренческих универсалий. В принципе при других поворотах исторического развития культуры и цивилизации могли бы реализоваться иные (потенциально возможные) истории науки. В периоды научных революций культура как бы отбирает из множества возможных сценариев будущей истории те, которые наилучшим образом соответствуют ее базисным ценностям.

14. В эпохи глобальных научных революций, когда перестраиваются все компоненты оснований науки, происходит изменение типа научной рациональности. Можно выделить три их основных исторических типа: *классическую, неклассическую и постнеклассическую науку*. *Классическая наука* полагает, что условием получения истинных знаний об объекте является элиминация при теоретическом объяснении и описании всего, что относится к субъекту, его целям и ценностям, средствам и операциям его деятельности. *Неклассическая наука* (ее образец – квантово-релятивистская физика) учитывает связь между знаниями об объекте и характером средств и операций деятельности, в которой он обнаруживается и познается объект. Но связи между внутринаучными и социальными ценностями и целями по-прежнему не являются предметом научной рефлексии, хотя имплицитно они определяют характер знаний (определяют, что именно и каким способом мы выделяем и осмысливаем в мире). *Постнеклассический тип научной рациональности* расширяет поле рефлексии над деятельностью. Он учитывает соотношенность получаемых знаний об объекте не только с особенностью средств и операций деятельности, но и с ее ценностно-целевыми структурами. При этом эксплицируется связь внутринаучных целей с вненаучными, социальными ценностями и целями. В комплексных исследованиях

сложных саморазвивающихся систем, которые все чаще становятся доминирующими объектами современного естествознания и техники (объекты экологии, генетики и генной инженерии, технические комплексы “человек--машина--окружающая среда”, современные информационные системы и т.д.) экспликация связей внутринаучных и социальных ценностей осуществляется при социальной экспертизе соответствующих исследовательских программ.

Историзм объектов современного естествознания и рефлексия над ценностными основаниями исследования сближает естественные и социально-гуманитарные науки. Их противопоставление, справедливое для науки XIX века, в наше время оно во многом утрачивает свою значимость.

Возникновение нового типа рациональности не уничтожает исторически предшествующих ему типов, но ограничивает поле их действия. Каждый новый тип научной рациональности вводит новую систему идеалов и норм познания, что обеспечивает освоение соответствующего типа системных объектов: простых, сложных, исторически развивающихся (самоорганизующихся) систем. Соответственно меняется категориальная сетка философских оснований науки – понимание вещи, процесса, пространства, времени, причинности и т.д. (онтологическая составляющая) и понимание знания, теории, факта, метода и т.д. (гносеологическая составляющая). Наконец, с появлением нового типа рациональности изменяются мировоззренческие аппликации науки. На классическом и неклассическом этапе своего развития наука находила опору только в ценностях техногенной цивилизации и отвергала как противоречащие ей ценности традиционалистских культур. Постнеклассическая наука значительно расширяет поле возможных мировоззренческих смыслов, с которыми согласуются ее достижения. Она включена в современные процессы решения проблем глобального характера и выбора жизненных стратегий человечества. Постнеклассическая наука воплощает идеалы “открытой рациональности” и активно участвует в поисках новых мировоззренческих ориентиров, определяющих стратегии современного цивилизационного развития. Она выявляет соразмерность своих достижений не только ценностям и приоритетам техногенной культуры, но и ряду философско-мировоззренческих идей, развитых в других культурных традициях (мировоззренческих идей традиционалистских культур Востока и идей философии русского космизма). Постнеклассическая наука органично включается в современные процессы формирования планетарного мышления, диалога культур, становясь одним из важнейших факторов кросскультурного взаимодействия Запада и Востока.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абстракция -
Абстрактные объекты -
Аксиоматический метод -
Аналоговая модель -
Антипозитивистские тенденции в философии науки -
антропный принцип -
Генетически-конструктивный метод -
Гештальт-переключение -
Гипотеза -
-математическая (математическая экстраполяция) -
-гипотетическая модель -
Глобальные проблемы -
Дедуктивное развертывание теории
Деятельность

-ее структура -
Дираковская теория электрона -
Закон -
Идеализация -
Идеальные объекты -
Идеалы и нормы доказательности
Идеалы нормы науки -
-и научная картина мира -
-и теоретические модели -
-их структура и изменение -
-их социальная детерминация
Идеалы и нормы объяснения описания -
Идеалы строения (организации) знания -
Идеализированные измерения -
Интерпретация -
-эмпирическая -
-семантическая -
Исследовательская программа-
Исследовательская традиция
Историческая реконструкция
Категории
-культуры -
-философские
Квантовая механика -
Квантовая электродинамика-
Конструкты картины мира -
Конструктивное введение объектов -
Конструктивное обоснование теоретической схемы -
Культура
-ее универсалии
-и наука
Математический аппарат теории -
Междисциплинарные взаимодействия -
Методологические установки -
Наблюдение
-случайное -
систематическое -
Наука -
-античная -
-классическая-
-неклассическая -
-постнеклассическая-
-потенциальная история науки -
-и обыденное познание -
-и преднаука -
-и художественное освоение действительности -
-и культура -
-и философия -
-и ее этос -
Научная картина мира -
-ее изменение -
-и метод -

- функции -
- и опыт -
- и теория -
- как исследовательская программа -
- как форма синтеза знания -
- ее типы -
- общая-
- специальная -
- и мировоззрение -
- и философия-
- и культура
- Научная рациональность
- ее типы -
- Научные революции
- механизмы возникновения -
- их типы
- внутридисциплинарные -
- междисциплинарные -
- Образцы решения задач -
- Операциональные определения -
- Операционализм -
- Основания науки -
- Парадигма -
- Парадоксы -
- Понятие -
- и абстрактный объект
- Постулаты -
- ad hoc
- онтологические
- измерения -
- Прагматический аспект языка науки -
- Правила соответствия -
- Практическая природа познания -
- Приборная ситуация -
- Принципы -
- Проблема -
- Психологический барьер -
- Психология открытия-
- Русский космизм -
- Самоорганизующиеся системы
- Саморазвивающийся объект -
- Семантический аспект языка науки -
- Синергетика -
- Социокультурные факторы в научном исследовании -
- Стандартная концепция методологии науки -
- Системная организация объектов -
- Теоретическая схема -
- фундаментальная -
- частная
- Теоретические конструкты (см. Абстрактные объекты)
- Теоретические парадоксы -
- Теория -

-ее генезис и строение -
-фундаментальная -
-ее функционирование
Философские основания науки -
“Человекоразмерные объекты” -
Цивилизация
-техногенная
-традиционная
Эксперимент -
-мысленный
Эмпирическая зависимость -
Эмпирические объекты -
Эмпирическое познание -
Эмпирическая схема -
Язык науки -

Библиография

- Акчурина И.А.* Концептуальные основания новой — топологической физики // *Философия физики элементарных частиц*. М., 1995.
- Акчурина И.А.* Эволюция современной естественнонаучной парадигмы // *Философия науки*. Выпуск 1. М., 1995.
- Алексеев И.С.* Деятельностная концепция познания и реальности: Избранные труды по методологии и истории физики. М., 1995.
- Ампер А.* Электродинамика. М., 1954.
- Аналитическая философия: становление и развитие (антология)*. М., 1998.
- Аршинов В.И.* Когнитивные стратегии синергетики // *Онтология и эпистемология синергетики*. М., 1997.
- Аршинов В.И.* Концепция целостности и гипотеза скрытых параметров в квантовой механике // *Физика и философия*. Воронеж, 1974.;
- Аршинов В.И.* Об иерархии // *Некоторые проблемы диалектики*. М., 1973.
- Астрономия и современная картина мира*. М., 1996.
- Атфилд Р.* Этика экологической ответственности // *Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности*. М., 1990.
- Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б.* Квантовая электродинамика. М., 1959.
- Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента. М., 1976.
- Ахутин А.В.* Понятие “природа” в античности и в Новое время. М., 1988.
- Баженов Л.Б.* Строение и функции естественнонаучной теории. М., 1978.
- Бахтин М.М.* Проблемы поэтики Достоевского. М., 1979.
- Бахтин М.М.* Эстетика словесного творчества. М., 1980.
- Берг Р.Л., Ляпунов А.А.* Предисловие к кн. “И.И.Шмальгаузен. Кибернетические вопросы биологии”. Новосибирск, 1968.
- Бернал Дж.* Наука в истории общества. М., 1956.
- Бернулли Д.* Гидродинамика. М., 1959.
- Библер В.С.* Мышление как творчество. М., 1978.

- Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г.* Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности. М., 1969.
- Больцман Л.* Очерки методологии физики. М., 1929. Т. 2.
- Бом Д.* Квантовая теория. М., 1961.
- Бор Н.* Избранные научные труды. Т. 1. М., 1970.
- Бор Н.* Избранные научные труды. Т. 2. М., 1971.
- Борн М.* Атомная физика. М., 1965.
- Борн М.* Физика в жизни моего поколения. М., 1963.
- Бранский В.П.* Философские основания проблемы синтеза релятивистских и квантовых принципов. Л., 1973.
- Бройль Л.де.* По тропам науки. М., 1962.
- Вавилов С.И.* О математической гипотезе // *С.И.Вавилов.* Избр. соч. Т. 3. М., 1956.
- Ван дер Варден.* Принцип запрета и спин // Теоретическая физика 20 века. М., 1962.
- Вартофский М.* Модели, репрезентация и научное понимание. М., 1988.
- Вартофский М.* Эвристическая роль метафизики в науке // Структура и развитие науки. М., 1978.
- Вебер М.* Избранные произведения. М., 1990.
- Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки. М.-Л., 1940.
- Вернадский В.И.* Живое вещество. М., 1978.
- Вернадский В.И.* Избранные труды по истории науки. М., 1981.
- Вернадский В.И.* Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. 1944. Т. XVIII. Вып. 2.
- Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии. М., 1934.
- Вернадский В.И.* Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. М., 1977.
- Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста. М., 1988.
- Визгин В.П.* Единая теория поля в первой половине XX века. М., 1985.
- Визгин В.П.* Эрлангенская программа и физика. М., 1975.
- Винер Н.* Кибернетика и общество. М., 1958.
- Водопьянов П.А.* Устойчивость и динамика биосферы. Минск, 1981.
- Восток—Запад.* Исследования. Переводы. Публикации. М., 1982.
- Выгодский М.Я.* Арифметика и алгебра в Древнем мире. М., 1967.
- Гадамер Х.-Г.* Истина и метод. М., 1988.
- Гайденко П.П.* Эволюция понятия науки (XVII—XVIII вв.). М., 1987.
- Гайденко П.П.* Эволюция понятия науки. М., 1980.
- Гайденко П.П., Давыдов Ю.Н.* История и рациональность. М., 1991.
- Гачев Г.Д.* Наука и национальные культуры. Гуманитарный комментарий к естествознанию. Р.-н/Д., 1992.
- Гегель Г.В.Ф.* Наука логики. М., 1972. Т. 3.
- Гейзенберг В.* Шаги за горизонт. М., 1987.
- Гераклит.* Фрагменты Гераклита // Материалисты Древней Греции. М., 1955.
- Герц Г.* Принципы механики, изложенные в новой связи. М., 1959.
- Герцен А.И.* Письма об изучении природы. М., 1946.
- Гессе Г.* Игра в бисер. М., 1969.

- Гильберт В.* О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле. М., 1956.
- Гинзбург В.Л.* Астрофизика и новые физические законы // *Философские проблемы астрономии XX века.* М., 1976.
- Гинзбург В.Л.* О физике и астрофизике. М., 1974.
- Гинзбург В.Л., Сыроватский С.И.* Гамма- и рентгеновская астрономия // *Над чем думают физики.* Вып. 6. “Астрофизика”. М., 1967.
- Гиренок Ф.И.* Русские космисты. М., 1990.
- Гленсдорф П., Пригожин И.* Термодинамическая теория структуры устойчивости и флуктуаций. М., 1973.
- Го Юй.* Речи царств. М., 1987.
- Гольбах П.* Система природы. М., 1940.
- Горохов В.Г.* Методологический анализ научно-технических дисциплин. М., 1984.
- Григорьева Т.П.* Японская литература XX века. М., 1983.
- Григорьева Т.П.* Японская художественная традиция. М., 1979.
- Григорян А.Т.* Механика от античности до наших дней. М., 1971.
- Гуревич А.Я.* Категории средневековой культуры. М., 1972.
- Гуревич А.Я.* Социальная история и историческая наука // *Вопр. философии.* 1990. № 4.
- Гусейнов А.А.* Мораль и разум // *Научные и вненаучные формы мышления.* М., 1996.
- Гусейнов А.А.* Этика ненасилия // *Вопросы философии.* 1992. № 3.
- Гут А.Г., Стейнхардт П.Дж.* Раздувающаяся Вселенная // *В мире науки.* 1984. № 7.
- Дарвин Ч.* Происхождение видов. М., 1952.
- Джуа М.* История химии. М., 1975.
- Диалектика в науках о неживой природе /* Под ред. М.Э.Омельяновского и И.В.Кузнецова. М., 1964.
- Дильтей В.* Описательная психология. СПб., 1996.
- Дирак П.* Воспоминания о необъятной эпохе. М., 1990.
- Дирак П.* Эволюция взглядов физиков на картину природы // *Вопр. философии.* 1963. № 12.
- Дирак П.* Эволюция физической картины природы // *Над чем думают физики.* Вып. 3. Элементарные частицы. М., 1965.
- Добронравова И.С.* Синергетика: становление нелинейного мышления. Киев, 1991.
- Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики с древнейших времен до конца XVIII века. М., 1974. С. 188.
- Дорфман Я.Г.* Всемирная история физики с начала XIX века. М., 1979.
- Древнекитайская философия.* М., 1972. Т.1.
- Дышлевый П.С.* Естественнонаучная картина мира как форма синтеза знания // *Синтез современного научного знания.* М., 1973.
- Еремеева А.И.* Астрономическая картина мира и ее творцы. М., 1985.
- Жданов Г.Б.* Выбор естествознания: 8 принципов или 8 иллюзий рационализма // *Философия науки.* Вып. 1. М., 1995.
- Зайцев А.И.* Культурный переворот в Древней Греции. М., 1985.
- Зеленков А.И., Водопьянов П.А.* Динамика биосферы и социокультурные традиции. Минск, 1987.

- Зиммель Г.* Избранное. Т. 1-2. М., 1996.
- Зоммерфельд А.* Электродинамика. М., 1958.
- Зотов А.* Электродинамика. М., 1958.
- Иванов Б.И., Чешев В.В.* Становление и развитие технических наук. Л., 1977.
- Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.
- История античной диалектики. М., 1972.
- История биологии с начала XX века до наших дней. М., 1975.
- История теоретической социологии. Т. 1. М., 1997.
- История теоретической социологии. Т. 2-3. М., 1988.
- Казютинский В.В.* Вселенная в научной картине мира и социально-практической деятельности человечества // Философия, естествознание, социальное развитие. М., 1989.
- Казютинский В.В.* Концепция глобального эволюционизма в научной картине мира // О современном статусе идеи глобального эволюционизма. М., 1986.
- Кальвин М.* Химическая эволюция. М., 1971.
- Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. М., 1997.
- Капра Ф.* Дао физики. Исследование параллелей между современной физикой и мистицизмом Востока. СПб., 1994.
- Капра Ф.* Смена парадигм и сдвиг в шкале ценностей // Один мир для всех. М., 1990.
- Кара-Мурза С.Г.* Наука и кризис цивилизации // Вопр. философии. 1990. № 9.
- Кармин А.С., Хайкин Е.П.* Творческая интуиция в науке. М., 1971.
- Карпинская Р.С.* Биология и мировоззрение. М., 1980.
- Карпинская Р.С.* Биология, идеалы научности и судьбы человечества // Вопр. философии 1992. № 11.
- Картер Б.* Совпадение больших чисел и антропологический принцип в космологии // Космология: теория и наблюдения. М., 1978.
- Категории философии и категории культуры. Киев, 1983;
- Кессиди Ф.Х.* От мифа к логосу. М., 1972.
- Кесуани Дж.* Возникновение теории относительности // Принцип относительности. М., 1973.
- Кирхгоф Г.* Механика. М., 1962.
- Климонтович Н.Ю.* Без формул о синергетике. Минск, 1986.
- Климонтович Ю.Л.* Статистическая теория открытых систем. М., 1995.
- Коган Л.А.* Философия Н.Ф.Федорова // Вопр. философии. 1990. № 11.
- Козлова М.С.* Проблемы оснований науки // Природа научного познания. Минск, 1979.
- Койре А.* Очерки истории философской мысли. М., 1985.
- Коноплева Н.П., Соколик Г.А.* Симметрии и типы физических теорий // Вопросы философии. 1972. № 1.
- Косарева Л.М.* Рождение науки Нового времени из духа культуры. М., 1997.
- Косарева Л.М.* Социокультурный генезис науки Нового времени. М., 1989.
- Коул М., Скрибнер С.* Культура и мышление. М., 1977.

- Крымский С.Б., Кузнецов В.И.* Мировоззренческие категории в современном естествознании. Киев, 1983.
- Кузнецов Б.Г.* Принципы классической физики. М., 1958.
- Кузнецов В.И.* Диалектика развития химии. М., 1973.
- Кузнецов И. В.* Избранные труды по методологии физики. М., 1975.
- Кузнецов И. В.* Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М.-Л., 1948.
- Кузнецова Л.Ф.* Картина мира и ее функции в научном познании. Минск, 1984.
- Кузнецова Н.И.* Наука в ее истории. М., 1982.
- Кун Т.* Объективность, ценностные суждения и выбор теории. Лекция, прочитанная в фурмановском университете 30 ноября 1973 г. // Современная философия науки. Хрестоматия / Сост. А.А.Печенкин. М., 1994.
- Кун Т.* Структура научных революций. М., 1975.
- Кутцов В.И.* Философия в современном мире. М., 1987.
- Курдюмов С.П.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., 1990.
- Курдюмов С.П.* Собственные функции горения нелинейной среды и конструктивные законы построения ее организации // Современные проблемы математической физики и вычислительной математики. М., 1982.
- Лавуазье А.* Предварительное рассуждение из “начального учебника химии” // Успехи химии. М., 1943. Вып. 5. № 12.
- Лакатос И.* История науки и ее реконструкции // Структура и развитие науки. М., 1978.
- Ламарк Ж.-Б.* Избранные произведения. М., 1959. Т. 2.
- Ламарк Ж.-Б.* Философия зоологии. М., 1937. Ч. 2.
- Ламетри Ж.О.* Сочинения. М., 1983.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. М., 1960.
- Ландау Л.Д., Пайерлс Р.* Распространение принципа неопределенности на релятивистскую квантовую теорию // Ландау Л.Д. Собрание трудов. Т. 1. М., 1965.
- Ласло Э.* Новое понимание эволюции. Вступление в глобальную эру // Один мир для всех. М., 1990.
- Лаудан Л.* Наука и ценности (главы из книги “*Laudan L. Science and Values. Berkeley-Los Angeles-London, 1984*) // Современная философия науки. Хрестоматия / Сост. А.А.Печенкин. М., 1994.
- Лекторский В.А.* Научное и вненаучное мышление: скользящая граница // Наука в культуре. М., 1998.
- Лекторский В.А.* Субъект, объект, познание. М., 1980.
- Леопольд О.* Календарь песчаного графства. М., 1983.
- Линде А.Д.* Раздувающаяся Вселенная // Успехи физ.наук. 1984. Т.144. Вып. 2.
- Лоренц Г.А.* Теория электронов и ее применение к явлениям света и теплового излучения. М., 1953.
- Лосев А.Ф.* Античная философия истории. М., 1977.
- Лосев А.Ф.* История античной эстетики. Т. I. (Ранняя классика). М., 1963.
- Лотман Ю.М.* О двух моделях коммуникации в системе культуры // Труды по знаковым системам. Тарту, 1973. Вып. 6.

- Лурия А.Р.* Об историческом развитии познавательных процессов: Экспериментально-психологическое исследование. М., 1974.
- Льоцци И.* История физики. М., 1970.
- Максвелл Д.К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1954.
- Максвелл Д.К.* Статьи и речи. М., 1968.
- Малкей М.* Наука и социология знания. М., 1983.
- Мамардашвили М.К.* Анализ сознания в работах Маркса // Вопросы философии. 1968. № 6.
- Мамардашвили М.К., Соловьев Э.Ю., Швырев В.С.* Классика и современность: две эпохи в развитии буржуазной философии // Философия в современном мире. Философия и наука. М., 1972.
- Мамчур Е.А.* Проблема выбора теории. М., 1975.
- Мамчур Е.А.* Проблемы социокультурной детерминации научного знания. М., 1987.
- Мамчур Е.А., Овчинников Н.Ф., Огурцов А.П.* Отечественная философия науки: предварительные итоги. М., 1997.
- Мандельштам Л.И.* Введение // Из предыстории радио. М., 1948.
- Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М., 1972.
- Маркова Л.А.* Конец века — конец науки? М., 1992.
- Маркс К.* Экономическо-философские рукописи 1844 года // *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 42.
- Маркс К., Энгельс Ф.* Соч. Т. 47. С. 556.
- Маттис М.* Теория магнетизма. М., 1967.
- Мах Э.* Механика. СПб., 1908.
- Мах Э.* Научно-популярные очерки. СПб., 1909.
- Межуев В.М.* Культура и история. М., 1977.
- Мейси Д.* Единая экология // Один мир для всех. М., 1990.
- Мендель Г.* Опыты над растительными гибридами. М., 1929.
- Меркулов И.П.* Гипотетико-дедуктивная модель и развитие научного знания. М., 1980.
- Микешина Л.А.* Детерминация естественнонаучного познания. Л., 1977.
- Мимикрия в науке // Техника и наука. 1983. № 4.
- Мирский Э.М.* Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М., 1980.
- Михайловский В.Н., Хон Г.Н.* Диалектика формирования современной научной картины мира. М., 1989.
- Мицкевич Н.В.* Космология, релятивистская астрофизика и физика элементарных частиц // Философские проблемы астрономии XX века. М., 1976.
- Моисеев Н.Н.* Логика универсального эволюционизма и кооперативность // Вопр. философии. 1989. № 8.
- Моисеев Н.Н.* Стратегия разума // Знание — сила. 1986. № 10.
- Моисеев Н.Н.* Человек во Вселенной и на Земле // Вопр. философии. 1990. № 6.
- Московичи С.* Машина, творящая богов. М., 1998.
- Мостепаненко М.В.* Философия и физическая теория. Л., 1969.
- Мотрошилова Н.В.* К проблеме научной обоснованности науки. (На примере научно исследовательской деятельности) // Вопр. философии. 1978. № 7.

- Мотрошилова Н.В.* Нормы науки и ориентации ученого // Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.
- Налимов В.В.* В поисках иных смыслов. М., 1993.
- Научные революции в динамике культуры. Минск, 1987.
- Нейгебауэр О.* Точные науки в древности. М., 1968.
- Ниддам Дж.* Общество и наука на Востоке и на Западе // Наука о науке. М., 1966.
- Ниддам Дж.* Предвестники современной науки // Курьер ЮНЕСКО. 1988. Ноябрь.
- Никитин Е.П.* Открытие и обоснование. М., 1988.
- Никифоров А.Л.* Философия науки: история и методология. М., 1998.
- Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. М., 1990.
- Николис Дж.* Динамика иерархических систем. Эволюционное представление. М., 1989.
- Нильс Бор и развитие физики / Под ред. В.Паули. М., 1958.
- Нильс Бор, жизнь и творчество. М., 1967.
- Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур. М., 1996.
- Новые идеи в физике. Сб. 2. Эфир и материя. СПб., 1913.
- Нугаев Р.М.* Реконструкция процесса смены фундаментальных научных теорий. Киев, 1989.
- Ньютон И.* Математические начала натуральной философии // Собрание трудов академика А.Н.Крылова. М.-Л., 1963.
- Ньютон И.* Оптика. М.-Л., 1954.
- Огурцов А.П.* Дисциплинарная структура науки: Ее генезис и обоснование. М., 1988.
- Омельяновский М.Э.* Диалектика в современной физике. М., 1973.
- Пастушный С.А.* Генетика как объект философского анализа. М., 1981.
- Паули В.* Общие принципы волновой механики. М., 1947.
- Паули В.* Принцип запрета и квантовая механика (Нобелевская лекция, прочитанная 13 декабря 1946 г. в Стокгольме) // Теоретическая физика 20 века. М., 1962.
- Паули В.* Труды по квантовой теории. М., 1977.
- Петров М.К.* Язык, знак, культура. М., 1991.
- Петушкова Е.В.* Отражение в живой природе. Динамика теоретических моделей. Минск, 1983.
- Печенкин А.А.* Методологические проблемы развития квантовой химии. М., 1976.
- Пивоваров Д.В.* Практика и формирование познавательного образа // Ленинская теория отражения. Вып. 5. Свердловск, 1971.
- Планк М.* Единство физической картины мира. М., 1966.
- Плутарх.* Сравнительные жизнеописания. Т. I. М., 1961.
- Поваров Г.Н.* Το Daidalo ptero (К познанию научно-технического прогресса) // Системные исследования. Ежегодник. 1971. М., 1972.
- Подгорецкий М.И., Смородинский Я.А.* Об аксиоматической структуре физических теорий // Вопросы теории познания. Выпуск 1. М., 1969
- Поппер К.* Логика и рост научного знания. М., 1983.
- Порус В.Н.* Спор о научной рациональности // Философия науки. Вып. 3. М., 1997.

- Прайс Д.* Малая наука, большая наука // Наука о науке. М., 1966. С. 339—340.
- Пригожин И.* От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. М., 1985.
- Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. М., 1994.
- Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М., 1986.
- Принципы историографии естествознания. М., 1993.
- Природа научного познания. Минск, 1979.
- Пружинин Б.И.* Рациональность и единство знания // Рациональность как предмет философского исследования. М., 1995.
- Рабинович В.Л.* Алхимия как феномен средневековой культуры. М., 1979.
- Рабинович В.Л.* Исповедь книгочея, который учил букве, а укреплял дух. М., 1991.
- Равикович А.И.* Чарльз Лайель. М., 1976.
- Разум и экзистенция: Анализ научных и вненаучных форм мышления. СПб., 1999.
- Разумовский О.С.* Бихевиоральные системы. Новосибирск, 1993.
- Ракитов А.М.* Философские проблемы науки. М., 1977.
- Резерфорд Э.* Избранные научные труды. Строение атома и искусственное превращение элементов. М., 1972.
- Розенберг О.О.* Труды по буддизму. М., 1991.
- Розенбергер Ф.* История физики. Ч. 2. М.-Л., 1937.
- Розенфельд Л.* Ньютон и закон тяготения // У истоков классической науки. М., 1968.
- Розин В.М.* Специфика и формирование естественных, технических и гуманитарных наук. Красноярск, 1989.
- Розин В.М., Москаева А.С.* К анализу строения системы знаний “Начал” Евклида // Новые исследования в педагогических науках. Вып. IX. М., 1967.
- Розов М.А.* История науки и ее рациональная реконструкция // Философия науки. Вып. 1. М., 1995.
- Розов М.А.* Проблема ценностей и развития науки // Наука и ценность. Новосибирск, 1987.
- Рокицкий П.Ф., Савченко В.К., Добина А.И.* Генетическая структура популяций и ее изменения при отборе. Минск, 1977.
- Романовская Т.* Наука XIX-XX веков в контексте истории культуры. М., 1995.
- Руденко А.П.* Химическая эволюция и биогенез // Философия и социология науки и техники. Ежегодник. 1987. М., 1987.
- Садовский В.Н.* Философия науки в поисках новых путей // Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.
- Саушкин Ю.Г.* История и методология географической науки. М., 1976.
- Сачков Ю.В.* Проблема стиля мышления в естествознании // Философия и естествознание. К 70-летию акад. Б.М.Кедрова. М., 1974.
- Сачков Ю.В.* Случайность формообразующая // Самоорганизация и наука. М., 1994.
- Семенов Е.В.* Огонь и пепел науки. Новосибирск, 1990.
- Сен-Симон А.* Избранные сочинения. М.-Л., 1948. Т. 1.

- Силк Дж.* Большой взрыв: рождение и эволюция Вселенной. М., 1982.
- Синергетика и психология. Тексты. Вып. 1. М., 1997.
- Смирнов В.А.* Генетический метод построения научной теории // Философские вопросы современной формальной логики. М., 1962.
- Смирнова Р.А.* Природа социальной реальности. Минск, 1991.
- Сноу Ч.* Две культуры. М., 1973.
- Современная философия науки: знание, рациональность, ценности в трудах мыслителей Запада. М., 1996.
- Сокулер З.А.* Методология гуманитарного познания и концепция “власти-знания” Мишеля Фуко „ Философия науки. Вып. 4. М., 1998.
- Сокулер З.А.* Методология гуманитарного познания и концепция “власти-знания” Мишеля Фуко // Философия науки. Вып. 4. М., 1998. С. 182.
- Соловьев Ю.И.* Эволюция основных теоретических проблем химии. М., 1971.
- Соловьев Ю.И., Курашов В.И.* Химия на перекрестке наук. М., 1983.
- Социокультурный контекст науки. М., 1998.
- Спасский Б.И.* История физики В 2 т. М., 1977.
- Спенсер Г.* Синтетическая философия. М., 1997.
- Становление химии как науки. М., 1983.
- Степин В.С.* Генезис теоретических моделей науки // Философия. Методология. Наука. М., 1972.
- Степин В.С.* Научное познание и ценности техногенной цивилизации // Вопросы философии. 1989. № 10.
- Степин В.С.* О прогностической природе философского знания // Вопросы философии. 1986. № 4.
- Степин В.С.* Становление научной теории. Минск, 1976.
- Степин В.С.* Структура теоретического знания и историко-научная реконструкция// Методологические проблемы историко-научных исследований. М., 1982.
- Степин В.С.* Философская антропология и философия науки. М., 1992.
- Степин В.С., Кузнецова Л.Ф.* Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. М., 1994.
- Степин В.С., Розов А.М., Горохов В.Г.* Философия науки и техника. М., 1996.
- Степин В.С., Томильчик М.М.* Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970.
- Тимирязев К.А.* Сочинения. Т. VIII. М., 1939.
- Тойнби А.Дж.* Постигание истории. М., 1991.
- Томильчик Л.М., Федоров Ф.И.* Предпосылки и механизмы научной революции // Научные революции в динамике культуры. Минск, 1987.
- Тоффлер О.* Наука и изменение // Предисловие к кн.: *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986.
- Традиции и революции в истории науки. М., 1991.
- Тулмин С.* Человеческое понимание. М., 1984.
- Тулльвисте П.* К интерпретации параллелей между онтогенезом и историческим развитием мышления // Труды по знаковым системам. Вып. VIII. Тарту, 1977.

- Тяпкин А.А.* Об истории формирования идей специальной теории относительности // Принцип относительности. М., 1973.
- Уайт Л.* Исторические корни нашего экологического кризиса // Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. М., 1990.
- Умов Н.А.* Собрание сочинений. М., 1916. Т. 3.
- Фарадей М.* Экспериментальные исследования по электричеству. М.-Л., 1959. Т. 2.
- Фарадей М.* Экспериментальные исследования по электричеству. Т. 1. М., 1947.
- Федоров Н.Ф.* Сочинения. М., 1982.
- Федотова В.Г.* Практическое и духовное освоение действительности. М., 1991.
- Фейерабенд П.* Избранные труды по методологии науки. М., 1986.
- Фейнберг Е.Л.* Две культуры. М., 1992.
- Фейнман Р.* Характер физических законов. М., 1968.
- Фейнман Р.* Характер физических законов. М., 1968.
- Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Т. 1-2. М., 1976.
- Физика в системе культуры. М., 1996.
- Философия природы в античности и в средние века. Ч. 1. М., 1998.
- Философия техники: история и современность. М., 1997.
- Философия эпохи ранних буржуазных революций. М., 1983.
- Философские проблемы классической и неклассической физики: современная интерпретация. М., 1998.
- Философско-религиозные истоки науки. М., 1997.
- Франкфурт И.У., Френк А.М.* Христиан Гюйгенс. М., 1962.
- Фридман А.А.* Избранные труды. М., 1966.
- Фридман А.А.* Мир как пространство и время. М., 1965.
- Фролов И.Т.* О человеке и гуманизме. М., 1989.
- Фролов И.Т., Юдин Б.Г.* Этика науки. Проблемы и дискуссии. М., 1986.
- Фуко М.* Воля к истине. М., 1996.
- Фуко М.* Слова и вещи. М., 1977.
- Фурье Ш.* Избр. соч. М.-Л., 1951. Т. 1.
- Хабермас Ю.* Демократия. Разум. Нравственность. М., 1992.
- Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М., 1985.
- Харрис Л.* Денежная теория. М., 1990.
- Хинтиikka Я.* Логико-эпистемологические исследования. М., 1980.
- Холодный Н.Г.* Избр. труды. Киев, 1982.
- Холтон Дж.* Тематический анализ науки. М., 1981.
- Холтон Дж.* Что такое “антинаука”? // *Вопр. философии.* 1992. №2.
- Холтон Дж.* Эйнштейн о физической реальности // *Эйнштейновский сборник.* 1969—1970. М., 1971.
- Холтон Дж.* Эйнштейн, Майкельсон и “решающий” эксперимент // *Эйнштейновский сборник.* 1972. М., 1974.
- Хьюбнер К.* Критика научного разума. 1994.
- Циолковский К.Э.* Грезы о земле и небе. Тула, 1986.
- Чанышев А.Н.* Начало философии. М., 1982.
- Черноволенко В.Ф.* Мировоззрение и научное познание. Киев, 1970.

- Чешев В.В. Техническое знание как объект методологического анализа. Томск, 1981.
- Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1976.
- Чу Дж.* Аналитическая теория S-матрицы. М., 1968.
- Чу Дж., Гелл-Манн М, Розенфельд Л.* Сильно взаимодействующие частицы. М., 1965.
- Чудинов Э.М.* Эйнштейновская концепция физической реальности // Физическая теория и реальность. Воронеж, 1976.
- Шаумян С.* Структурная лингвистика. М., 1965.
- Шахнович М.И.* Первобытная мифология и философия. Л., 1961.
- Швейцер А.* Благоговение перед жизнью как основа этического миро- и жизнеутверждения // Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. М., 1990.
- Швейцер А.* Благоговение перед жизнью. М., 1992.
- Швырев В.С.* Рациональность как ценность культуры // Вопр. философии. 1992. № 6.
- Швырев В.С.* Теоретическое и эмпирическое в научном познании. М., 1978.
- Шипунов Ф.Я.* Биосферная этика // Экологическая альтернатива. М., 1990.
- Шмаков В.С.* Структура исторического знания и картина мира. Новосибирск, 1990.
- Шмальгаузен И.И.* Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, 1968.
- Шредингер Э.* Новые пути в физике. Статьи и речи. М., 1971.
- Штофф В. А.* Моделирование и философия. М.-Л., 1966.
- Шубас М.Л.* Инженерное мышление и научно-технический прогресс: стиль мышления, картина мира, мировоззрение. Вильнюс, 1982.
- Щедровицкий Г.П.* Избранные труды. М., 1995.
- Щедровицкий Г.П.* Философия. Наука. Методология. М., 1997.
- Эйнштейн А* Собрание научных трудов. Т. 1. М., 1965.
- Эйнштейн А* Собрание научных трудов. Т. 2. М., 1966.
- Эйнштейн А* Собрание научных трудов. Т. 3. М., 1966.
- Эйнштейн А.* Собрание научных трудов. Т. 4. М., 1967.
- Юдин Б.Г.* Методологический анализ как направление изучения науки. М., 1986.
- Юдин Б.Г.* Методология науки. Системность. Деятельность. М., 1997.
- Якобсон Р.* Избранные работы. М., 1985.
- Яновская С.А.* Методологические проблемы науки. М., 1972.
- Agassi J.* The Logis of Scientific Inquiry // Synthese. Dordrecht, 1974. Vol. 26. № 3-4.
- Bohm D.* On Bohr's Views Concerning the Quantum Theory // Quantum and Beyond. Cambr., 1971.
- Bohm D., Hiley B.* On the Institute Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory // Quantum mechanics: A half century later. Dordrecht-Boston. 1977.
- Bridgman P.W.* Reflections of a Physicist. I I ed. N.Y., 1955.
- Bridgman P.W.* The Logic of Modern Physics. N.Y., 1954.
- Capra F.* Uncommon Wisdom, Conversations with Remarkable People. Toronto-N.Y., 1989.

- Chew G.F.* "Bootstrap": A Scientific Idea? // *Science*. Vol. 161. 1968.
- Cohen B.* *Revolution in Science*. Cambr.-Mass.-London, 1985.
- Doods E.K.* *The Greeks and the irrational*. Berkley, 1951.
- Flora P.* *Quantitative Historical Sociology: A Trend Report a Bibliography // Current Sociology*. P., 1975. Vol. 23. № 2.
- George C., Prigogine I.* *Coherence and Randomness in Quantum Theory // Physica*, Amst., 1979. Vol. A99. № 3.
- Heisenberg W.* *Der Teil und das Ganze*: Munchen, 1969.
- Hiebert E.* *On Demarcation between Science in Context and the Context of Science // Trends in the Historiography of Science*. Dordrecht-Boston-London, 1994.
- Hilbert D., Bernays P.* *Grundlagen der Mathematik*. Bd. 1. Berlin, 1934.
- Hiley J.* *Causality and measurement in the quantum potential approach to quantum phenomena // Determinism in Physics*. Athens, 1985.
- Hooker C.A.* *On global theories // Philos. Sci.* 1975. Vol. 42. № 2.
- Hufbauer K.* *The formation of the German chemical community (1720-1795)*. Berkeley, 1982.
- Hufbauer K.* *The formation of the German chemical community (1720—1795)*. Berkeley, 1982. P. 1.
- Jordan P., Pauli W.* *Zur Quantenelektrodynamik landungsfreier Felder // Zschr. f. Ph.* 47. 1928).
- Jantsch E.* *The Self-organizing universe: science a human implications of the emerging paradigm of evolution*. Oxford, 1980.
- Kuhn T.* *Postscriptum-1969 // Structure of Scientific Revolutions*. 2 ed. Enl. Chicago, 1970.
- Kuhn T.* *Secound Thoughts on Paradigms // The Structure of Scientific Theories*. Urbana, 1974.
- Lacatos I.* *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes // Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, 1970.
- Laszlo E.* *Introduction to system Philosophy*. N.Y., 1972.
- Laudan L.* *Progress and its Problems: Towards a theory of Scien. growth*. Berkeley: University of California Press, 1977.
- Margenau H.* *The Nature of Physical Reality*. N.Y.-L., 1950.
- Newton-Smith W.H.* *The Rationality of Science*. London-New York, 1981.
- Nordin I.* *Determinism and Locality in quantum mechanics // Synthese*. Dordrecht. 1979. Vol. 42. № 1.
- Parsons T.* *Systems analysis; social systems // International Encyclopedia of the Social Sciences*. N.Y., 1968.
- Philippidis C., Dewdney C., Hiley B.* *Quantum Interference and the Quantum Potential // Nuovo Cimento*. Bologna. 1979. Vol. 52. № 1.
- Popper K.* *Conjectures and refutations. The growth of scientific knowledge*. N.Y., 1968.
- Popper K.* *Logic der Forshung*. Wien, 1935.
- Prigogine I., Stengers I.* *La nouvelle alliance: Metamorphose de la science*. P., 1981.
- Reichenbach H.* *Experience and Predication*. Chicago, 1961.
- Rorty R.* *Historiography of Philosophy: Four Genres // Philosophy in History. Essays on the Historiography of Philosophy*. Cambridge etc, 1985.
- Rorty R.* *Philosophy and the Mirror of Nature*. Princeton, 1980.
- Ruse M.* *Philosophy of Biolodgy Today*. N.Y., 1988.

Shapere S. Scientific Theories and their Domains // Structure of Scientific Theories. N.Y., 1974.

Stapp H.P. S-matrix Interpretation of Quantum Theory // Phys.Rev. 1971. Vol. 3. № 4.

Stepin V. Social Environment, Foundations of Science and Possible Histories of Science // Rends in the Historiography of Science. Dordrecht-Boston-London, 1994.

Stiopin V.S. The Distinctive Features of Technogenic Civilization // On the Eve of the 21st Century. Boston-London, 1994.

Stiopin V. Genetically-Constructive Ways of Theory Building // Philosophical Logic and Logical Philosophy. Essays in Honour of Vladimir A.Smirnov. Dordrecht-Boston-London, 1996.

Suppe F. The Search for Philosophie Understanding of Scientific Theories // The Structure of Scientific Theories. Urbana, 1977.