**Нугаев Р.М.**

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕНЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ**

**Казань: издательство Казанского Государственного Университета,**

**1989**

**ВВЕДЕНИЕ. ПРОБЛЕМА РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОЦЕССА СМЕНЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ КАК ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ.**

К настоящему времени как в нашей стране, так и за рубежом накоплен значительный историко-научный материал, приведший к созданию различных моделей научных революций. На их основе были вскрыты и объяснены как факты существования периодов интенсивного и экстенсивного развития специальных научных дисциплин (включая биологию и геологию), так и данные, относящиеся к процессам изменения и преемственности в развитии научного знания. Вместе с тем представляется бесспорным, что глобальную концепцию научной революции, интегрирующую все позитивные стороны предложенных моделей и свободную от их многочисленных недостатков, ещё только предстоит создать.

Недостатки, которые необходимо устранить прежде всего, состоят в следующем.

(1) Не разработаны ясно и недвусмысленно сформулированные критерии, позволяющие различать революции и периоды эволюционного развития науки, - с одной стороны, - и макрореволюции и микрореволюции, - с другой. В итоге одни и те же открытия, равно как одни и те же периоды развития науки получают, в рамках разных моделей, прямо противоположные интерпретации.

(1а) Одной группой авторов они рассматриваются как революционные процессы, другой – как образцы эволюционного развития наук (в этом отношении особенно «повезло» истории создания и развития максвелловской электродинамики).

(1б) Один и тот же период развития определенной дисциплины характеризуется то как «глобальная революция», приведшая к радикальному перевороту во всей структуре старого знания, то как последовательность «микрореволюций», совершающихся относительно независимо в различных участках одной и той же предметной области (история создания квантовой теории).

(2) Предложенные модели научных революций в той или иной мере (а большинство – полностью) опираются или на эмпиристский, или на пантеоретический подходы к оценке роли «критических» («решающих») экспериментов.

(2а) Согласно эмпиристскому подходу, для опровержения любой научной теории достаточен один (в крайнем случае – несколько) «критический» эксперимент. Образцовые примеры таких экспериментов – опыт Юнга (опровержение корпускулярной теории света), эксперимент Майкельсона-Морли (опровержение теории «светоносного» эфира), опыты Рубенса и Курльбаума, Луммера и Принсгейма (опровержение классической теории излучения черного тела), наблюдения аномального смещения перигелия планеты Меркурий (опровержение ньютоновской теории гравитации).

(2б) Согласно пантеоретическому подходу, сторонниками которого, хотя и с некоторыми, в ряде случаев, оговорками, являются представители так называемого «исторического» направления в западной философии науки (Т. Кун, И. Лакатош, П. Фойерабенд и др.), «критических» экспериментов для таких фундаментальных теорий, как квантовая механика или максвелловская электродинамика, нет и быть не может. «Критические» эксперименты хорошо работают с теориями малой степени общности, не затрагивающими принципов, на которых основывается онтология избранного языка наблюдений» (Фойербанд, 1963, с.7). Малый решающий эксперимент между последовательными версиями одной и той же программы встречаются довольно часто. Но «... даже знаменитые решающие эксперименты не имеют достаточной силы для ниспровержения исследовательской программы...» (Лакатош, 1970, с.158).

Но оба эти подхода к оценке роли «решающих» экспериментов весьма сомнительны. Первый – потому, что он основывается, вместе с эмприристской концепцией научного знания, на принципиально неверном тезисе о существовании независимого от теоретических привнесений языка наблюдений (см., например, Швырев, 1978). Второй подход неприемлем, в частности, потому, что явно противоречит мнениям большинства когда-либо исследовавших исследующих природу ученых. Утверждения же, например, И. Лакатоша (1970, с.173) о том, что мы «...можем,- но только ретроспективно,- называть определенный эксперимент решающим, если впоследствии окажется, что он обеспечил особенно наглядное подтверждение победившей программе», в принципе дела не меняют. В методологии И. Лакатоша само содержание научно-исследовательской программы (и прежде всего ее «твердого ядра», а также «позитивной» и «негативной» эвристик) – результат (рациональной) реконструкции, но отнюдь не факт истории науки. Пользуясь задаваемым этой методологией произволом, методолог всегда может так реконструировать «ядро» им же самим выдуманной программы, чтобы любой наперед заданный эксперимент ретроспективно превратился в ее «особенно наглядное» подтверждение.

(3) Ни одна из предложенных к настоящему времени (1988) моделей научных революций не содержит теоретического воспроизведения (более полно значение этого термина будет раскрыто в 1 главе) процесса возникновения так называемых «ситуаций выбора», то есть ситуаций, в которых одна и та же совокупность опытных данных описывается различными в семантическом отношении теориями. Но эти ситуации характерны именно для процессов смены одной фундаментальной теории другой. Известно, например, что основанная на концепции эфира теория Г. Лоренца и специальная теория относительности А. Эйнштейна сосуществовали некоторое время как эмпирически-эквивалентные. В частности, обе они, хотя и по-разному, объясняли результаты опытов Майкельсона-Морли, Рэлея, Брейса, Бухерера, Траутона, и Нобла и др. В предложенных же моделях одновременное сосуществование нескольких эмпирически-эквивалентных теорий просто принимается как историко-научный факт.

С нашей точки зрения, как **уже** рассмотренные, так и некоторые другие недостатки этих моделей обусловлены несовершенством явно или неявно принимаемых их авторами **концепций смены фундаментальных научных теорий**. Необходимо восполнить этот пробел и сделать следующий шаг на пути построения интегральной модели научной революции, последовательно отвечая на следующие вопросы.

Каковы на самом деле причины, по которым «старая» фундаментальная теория заменяется «новой»? Каковы пути и механизмы процесса смены? Когда старая теория **должна** уступать место новой? Как происходили процессы смены в **реальной** истории науки? Как они **должны** происходить?

Иному читателю может показаться, что эти вопросы уже обсуждались (да и не могли не обсуждаться) в тех или иных концепциях научных революций, и что нет необходимости выделять их особо. Но это не так.

Во-первых, сам термин «научная революция» настолько расплывчат, что употребляется в философской и логико-методологической литературе в самых разных, порой очень далеких друг от друга смыслах. Легче даже сказать, в каких смыслах он не употребляется. Научная революция – это смена и научных картин мира, и программ, и просто теорий, и инструментов познания (под которыми можно понимать не только телескопы, но и электронно-вычислительные машины и, наверное, даже гусиные перья и авторучки), и, наконец, знаменитых «парадигм».

Во-вторых, сами понятия научных картин мира, программ, парадигм и т.п. не менее расплывчаты, чем понятие «научная революция». Термин «парадигма», например, употребляется только одним из философов науки – Т. Куном – более чем в двадцати различных значениях (Мастерман, 1970).

В-третьих, реальная, «живая» научная революция (понимаемая в любом из упомянутых смыслов) – это сложнейшее, запутаннейшее переплетение самых разных, порой экзотических факторов – начиная от социально-психологических, связанных с особенностями участвующих в ней научных сообществ, кончая социокультурным «фоном», в который члены этих сообществ «погружены». Распутывать этот клубок придется не одному поколению историков, социологов и методологов науки, и претензии автора ограничены рассмотрением лишь одного из аспектов проблемы – логико-методологического. Не случайно заголовок данной работы содержит специальное понятие – «смена научных теорий». Использование этого термина представляется оправданным в силу следующего. Во-первых, именно логико-методологический аспект допускает изучение, относительно независимое от других. Во-вторых, логико-методологическая модель смены фундаментальных теорий является, как правило, тем каркасом, «гвоздем», на который вешают (а возможно – должны вешать) свои «картины» и историк науки, и науковед, и другие исследователи научных революций. Может быть, именно методолог науки должен давать модель развития науки «в первом приближении», за которым должны следовать «второе», «третье» и т.д., создаваемые при помощи других специалистов?

Почему задача построения логико-методологической модели смены фундаментальных научных теорий актуальна именно сегодня?

Дело в том, что широко распространенная «старая» модель или концепция (в данном контексте различие между этими понятиями несущественно) основана на так называемой «стандартной» гипотетико-дедуктивной интерпретации научной теории. Сторонники этой интерпретации были убеждены в том, что в структурном отношении научные теории подобны интерпретированным исчислениям или содержательным аксиоматическим теориям математики. Это предполагает возможность такой реконструкции естественнонаучной теории, чтобы все ее утверждения были бы **логически выводимыми** следствиями некоторого множества первоначальных гипотез. В этом случае опровержение любого следствия автоматически является опровержением также и исходных гипотез и, следовательно, всей теории в целом. Для опровержения всей теории достаточен один-единственный критический эксперимент.

Но к настоящему времени среди подавляющего большинства специалистов в области логики и методологии науки сложилось мнение, согласно которому в своем разработанном виде стандартная гипотетико-дедуктивная интерпретация научной теории является неудовлетворительной (Швырев, 1966, 1978; Ледников, 1969; Рузавин, 1974; Сапп, 1974; Попович, 1975; Никифоров, 1985; Кравец, 1985; и др.). Она неадекватна целому классу точных естественно-научных теорий, поскольку даже эти теории не допускают требуемой стандартной интерпретацией канонической аксиоматической реконструкции. Более того. Ньютоновская механика, например, может быть представлена более чем десятью разными системами аксиом. Какую из них выбрать?

На смену стандартной пришла так называемая «нестандартная» интерпретация, которая, как некоторая окончательно сложившаяся логико-методологическая модель научного знания, вообще не может пока быть зафиксирована достаточно четко и однозначно. Сторонников этой интерпретации отличает достаточно широкий диапазон взглядов. Однако их объединяют следующие представления (Меркулов, 1980).

В структуре научной теории имеются по крайней мере три группы различающихся по своим функциям гипотез.

Математические гипотезы – формальный аппарат теории.

Семантические гипотезы, намечающие общие контуры моделей теории.

Фундаментальные гипотезы – главные допущения теории.

Кроме гипотез третьей группы, в процессе построения научной теории нередко принимаются некоторые дополнительные, менее фундаментальные гипотезы, которые в общем случае не могут быть получены в качестве следствий из главных допущений теории. Некоторые из них, будучи добавленными к группе первоначальных предположений исходной теории, могут задать некоторую частную теорию, имеющую непосредственное отношение лишь к сравнительно узкому классу явлений.

Общим для всех сторонников нестандартной интерпретации является прежде всего принятие тезиса, согласно которому **главные допущения теории не могут быть непосредственно сопоставлены с результатами экспериментов и наблюдений.** Задача этого сопоставления возлагается на гипотезы среднего уровня. Выполняемые ими функции носят поэтому двойственный характер. С одной стороны, эти гипотезы обеспечивают возможность вывода новых эмпирических законов, предсказания новых экспериментальных результатов. С другой стороны, они интерпретируют уже известные эмпирические данные.

Итак, стандартная гипотетико-дедуктивная модель оказалась неподходящей, - она налагала слишком жесткие требования на структуру естественнонаучных теорий. Но эта модель обладала по крайней мере одним бесспорным достоинством – ясностью, простотой.

Принятие же нестандартной интерпретации неизбежно ставит вопрос: **если не существует жестких правил перехода от главных допущений теории к опыту, как же можно опровергнуть всю теорию в целом?** А если ее нельзя опровергнуть, почему же тогда в истории науки были ситуации, когда одна фундаментальная теория сменялась другой? Руководствовались ли ученые, осуществлявшие процесс смены, рациональными соображениями? Были ли они правы?

Например, согласно одной из наиболее разработанных нестандартных концепций (Степин, 1976), научная теория – это совокупность утверждений, описывающих связи и отношения между теоретическими объектами двух типов – базисными и производными. Совокупность базисных объектов – это совокупность исходных идеализаций (фундаментальная теоретическая схема или ФТС), вообще не имеющая непосредственного отношения к экспериментальным данным. Совокупности производных объектов – объектов, сконструированных из базисных по определенным правилам,- образуют частные теоретические схемы или ЧТС (подробнее – во второй главе данного исследования). Фундаментальная научная теория развертывается за счет переходов, для описания каждой новой экспериментальной ситуации, от ФТС к ЧТС. (Далее под фундаментальной мы всегда будем понимать развитую научную теорию в том смысле, как ее понимает и интерпретирует В.С. Степин, то есть такую теорию, абстрактные объекты которой организованы в подсистемы как минимум двух уровней – уровня фундаментальной теоретической схемы и уровня частных теоретических схем). В силу того, что конструирование ЧТС и ФТС – это особого рода творческая задача, в принципе не допускающая формализации, ФТС, по крайней мере на первый взгляд, является неопровержимой. Иное дело – ЧТС. Если одна частная теоретическая схема не согласуется с опытом, надо построить другую. Но в чем же тогда состоят причины смены одной фундаментальной теории другой?

Выявление простого расхождения теории с результатами экспериментов (выявление аномалий) является «опровержением» только частной, но никак не фундаментальной теории. Если мы выявили аномалию, мы всегда сможем так изменить ЧТС, чтобы добиться согласованности всей фундаментальной теории с опытом (так называемый тезис Дюгема-Куайна – см., например, Лекторский, 1979). А если две аномалии? – То же самое. Если мы всегда можем устранить одну произвольную аномалию, то сможем ликвидировать и две – сначала одну, потом другую. Три аномалии, четыре... Сколько же нужно аномалий, чтобы опровергнуть фундаментальную теорию?

Очевидно, бесконечное количество. Несмотря на то, что теория может адаптироваться к результатам какого угодно, но конечного числа экспериментов, к результатам бесконечного числа опытов она приспособиться уже не сможет. Но что значит доказать, что теория противоречит бесконечному числу опытов? – Это значит показать, что она противоречит всем экспериментам определенного типа, то есть не только тем, которые **уже** проделаны, но и тем, которые еще не поставлены, то есть будущим экспериментам. Но это значит показать, что данная теория противоречит другой **теории** . Только теоретическая закономерность содержит информацию о будущих, еще не поставленных опытах. Теория, как известно, создается не только для того, чтобы предсказать новые.

Уже эти простые рассуждения, не претендующие пока на статус обоснованных, наводят на мысль, что **«опровергнуть» фундаментальную теорию можно только при помощи такого «критического» эксперимента, за которым «стоит» (в смысле, который будет раскрыт во 2 главе) другая фундаментальная теория, противоречащая исходной.** Для теоретического воспроизведения процессов смены фундаментальных теорий рассмотрения взаимодействия одной «старой» теории с опытом явно недостаточно. Надо рассматривать **еще** и взаимодействие двух «старых» фундаментальных теорий (в общем случае – нескольких). Аномалия, появление которой связано со столкновением (встречей) противоречащих друг другу теорий, обычным путем – за счет модификации частных теоретических схем – устранена быть не может. Для ее действительного уничтожения необходимо разрешение противоречия встречи, что возможно лишь за счет построения более общей теории, содержащей встретившиеся фундаментальные теории в «снятом» виде.

Иногда на поставленные выше вопросы о причинах смены фундаментальных теорий отвечают следующим образом: описанные сложные и с трудом поддающиеся решению методологические проблемы возникают потому, что сам исходный вопрос поставлен неверно. В истории науки никогда не было «смены» теорий. Действительно, в процессе развития «старой» теории обнаруживались явления, которые она не могла ни объяснить, ни иногда даже описать. Но для восполнения этого пробела, по отношению к новой предметной области, создавалась «новая» теория, которая, будучи впоследствии достаточно развитой, занимала свое место **наряду** со старой теорией.

Однако такое решение проблемы иллюзорно. Это – псевдорешение, поскольку действительная проблема не снимается, не разрешается, а лишь приобретает другой вид, возникая в виде иных, еще более сложных вопросов.

Во-первых, непонятно почему законы «новой» и «старой» теорий связаны принципом соответствия, как это имеет место в случае классической и квантовой механик, ньютоновской теории гравитации и общей теории относительности и т.д.

Во-вторых, историко-научный материал достаточно убедительно свидетельствует, что «новая» теория возникает не в стороне от «старой», не независимо от нее, а на основе «старой», как бы из ее обломков. Пример – принцип дополнительности Н. Бора.

В-третьих, тот же материал, например, история так называемой «ранней квантовой теории», свидетельствует о том, что «по крайней мере на первой стадии своего развития, на создание этой теории ни в коей мере не влияли никакие неожиданные экспериментальные открытия» (Эйнштейн, 1949, с.37).

Цель данного исследования – придать изложенным рассуждениям более ясный и систематический характер (главы вторая и третья), сопоставить авторскую модель с рассмотренными в первой главе концепциями других авторов и показать, что, несмотря на кажущуюся абстрактность, она позволяет понять с единой точки зрения не только те историко-научные данные, которые уже объяснены в рамках хорошо известных концепций, но также и те, которые представлялись для этих концепций аномальными (главы четвёртая и пятая). Автор полагает, что исследование определенного периода истории науки может оказаться полезным не только для критического анализа альтернативных концепций. Он надеется на то, что оно обладает самостоятельной ценностью, позволяя дать в ряде аспектов более глубокое, полное и точное (не перечеркивающее достижений других авторов и ни в коей мере не окончательное!) рассмотрение как генезиса специальной теории относительности, так и причин принятия ее научным сообществом. Исходя из тезиса о том, что «контекст подтверждения» не может быть понят вне «контекста открытия», автор полагает, что, в процессе создания, специальная теория относительности была этапом построения квантовой теории, и что причины перехода «Лоренц – Эйнштейн» не могут быть поняты без учета работ Эйнштейна и его современников по теории квантов.

Основная идея данного исследования состоит в следующем. Известные фундаментальные теории сменялись отнюдь не из-за такого взаимодействия с опытом, о котором писали сторонники эмпиризма, и не из-за конвенционалистских «прихотей» их создателей. Они сменялись в результате столкновения с такими аномалиями, за которыми «стояли» другие фундаментальные теории, противоречащие исходным. Эти аномалии могли быть устранены (и устранялись) только за счет разрешения противоречий встречи между фундаментальными теориями – за счет построения глобальной теории, содержащей встретившиеся теории в «снятом» виде. Именно столкновение фундаментальных теорий приводит к реализации синтетических и редукционистских программ его устранения, в рамках которых и возникают частично эмпирически-эквивалентные научные теории. Побеждает, в конечном счете, программа, способная это противоречие наиболее эффективно разрешить. Оценивая сравнительные возможности редукционистских и синтетических программ, автор отдает предпочтение последним ка обладающим следующими преимуществами. Во-первых, синтетические программы должны обеспечивать больший эмпирически-прогрессивный сдвиг решаемых проблем. Во-вторых, только в этих программах придается рациональный смысл сохранению так называемых «гибридных» объектов, сконструированных из базисов встретившихся теорий. Обращение же к структуре двух современных теорий – квантовой теории и общей теории относительности – показывает, что их глобальные теоретические схемы созданы за счет синтеза гибридных теоретических схем.

Принятие авторской концепции не означает отказа от концепции «критического» эксперимента – наоборот, она является усовершенствованным вариантом последней. В проблемной ситуации, созданной противоречием встречи всякий связанный с этим противоречием аномальный результат будет «критическим экспериментом», поскольку его устранение требует устранения его источника, а сделать это обычным способом нельзя – надо построить глобальную теорию.

Приведенный автором естественнонаучный материал относится к физике, поэтому все результаты настоящего исследования связаны именно с этой наукой. Отчасти это обусловлено компетентностью автора; отчасти – оправдано тем, что физика продолжает оставаться лидером естествознания, определяющим магистральные пути развития других естественных наук.

# ГЛАВА ПЕРВАЯ

**КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ КОНЦЕПЦИЙ СМЕН ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ**

**§1. Краткое изложение разработанных к настоящему времени концепций смены.**

Проблема теоретического воспроизведения процессов смены фундаментальных научных теорий для методологии науки не нова – определенные попытки ее корректной постановки и решения можно встретить уже у Уэвелла (1867), Пуанкаре (1910) и Дюгема (1910). Но прежде чем приступить к рассмотрению основных предложенных к настоящему времени концепций, необходимо сделать следующее разъяснение.

Одна из существенных особенностей периодов в истории науки, связанных с переходом от одной фундаментальной теории к другой, состоит в том, что типичными здесь являются ситуации одновременного сосуществования эмпирически-эквивалентных теорий. Эмпирически-эквивалентными обычно называют такие различные в семантическом отношении (см. Чудинов, 1977) теории, которые описывают одну и ту же предметную область и приводят к одинаковым эмпирически-проверяемым следствиям (см., например, Хансон, 1951, 1961, 1966; Фокин, 1972; Симанов, 1973; Тяпкин, 1973; Золотарев, 1974; Мостепаненко и Фокин, 1974; Разумовский, 1974; Сарангов, 1978; Поликаров, 1979, 1985).

Необходимость устранения неопределенности в направлении дальнейшего движения знания, вызванная существованием таких проблемных ситуаций, обычно связывается с необходимостью выбора одной теории из имеющейся совокупности эмпирически-эквивалентных теорий по определенным критериям. Поэтому подобные ситуации получили название ситуаций выбора, а критерии, в соответствии с которыми происходит выбор, - критериев выбора.

Задачу построения теоретической модели, описывающей закономерности процесса познания, приводящие к возникновению и разрешению ситуаций выбора, принято называть проблемой выбора научной теории (Костюк, 1973; Мамчур, 1975; Пахомов, 1975; Меликян, 1978). К настоящему времени в методологии науки и в нашей стране, и за рубежом разработаны самые разные по способам разрешения ситуаций выбора модели. Но именно потому, что разрешение ситуаций выбора представляет собой заключительный этап процесса смены фундаментальных научных теорий, авторы большинства моделей предлагая те или иные варианты разрешения ситуаций выбора, фактически говорят о разных реконструкциях процесса смены. Это неудивительно, поскольку невозможно дать описание процесса возникновения и разрешения ситуации выбора без явно или неявно принимаемых общих представлений о процессе смены фундаментальных научных теорий. Именно поэтому некоторые модели выбора (независимо от того, осознают это их авторы или нет) являются на самом деле определенными концепциями смены. Все же, в целях компактности изложения, эти концепции будут далее представлены в их «авторском» виде.

Исследуем предложенные к настоящему времени основные концепции смены фундаментальных научных теорий (далее – просто концепции смены).

**1. Монотеоретическая концепция.**

(1А) Эмпиристский вариант. Смена фундаментальных теорий происходит за счет постановки «критического» эксперимента (см., например, Поппер, 1983). Этот эксперимент позволяет выявить неадекватность «старой» теории либо как противоречащей указанному эксперименту, либо как приспособляемой к его результатам при помощи искусственных дополнительных предположений (гипотез ad hoc).

(1Б) Неэмпиристский вариант сводится к использованию в качестве критерия выбора между «старой» и «новой» теориями одного из выявленных самими учеными «инструменталистских» критериев «простоты», «плодотворности», «красоты» и др. (Дюгем, 1910; Шлезингер, 1963), к использованию системы этих критериев (см. сборник «Методологические принципы физики», 1975), или же к отысканию нового критерия (Бранский, 1973).

**2. Концепция Лакатоша.**

Теоретически реконструируя процесс смены, правомерно говорить о смене не теорий, а научно-исследовательских программ. Каждая научно-исследовательская программа (НИП) обеспечивает построение своей последовательности теорий на основе определенной совокупности «наиболее общих представлений относительно рационального устройства природы» (твердого ядра НИП). Каждая *n*-ая теория последовательности представляет собой результат добавления вспомогательной гипотезы к (*n* – 1)-ой, предыдущей теории. Непрерывность последовательности теорий обеспечивается совокупностью правил, одни из которых предусматривают, каких путей следует избегать при реализации программы («негативная эвристика»), а другие – каким путям надо следовать («позитивная эвристика»). Эвристика обеспечивает построение вспомогательных гипотез, которые образуют вокруг твердого ядра «предохранительный пояс». Гипотезы «пояса» должны приспосабливаться – модифицироваться или даже заменяться – при столкновении с «опровержениями».

В развитии всякой НИП можно выделить две стадии – прогрессивную и регрессивную. НИП находится на прогрессивном этапе своего развития, если вспомогательная гипотеза, обеспечивающая переход от *n*-ой теории к (*n*+1)-ой, удовлетворяет следующим условиям.

(1) Эта гипотеза обладает некоторым дополнительным эмпирическим содержанием по сравнению с предшествовавшими ей гипотезами, объясняя их эмпирический успех.

(2) Нечто из ее дополнительного эмпирического содержания должно подтверждаться экспериментально.

(3) Гипотеза должна быть образована в соответствии с позитивной эвристикой НИП.

Если вспомогательная гипотеза не удовлетворяет хотя бы одному из перечисленных условий, НИП находится на регрессивной стадии своего развития.

Как, согласно И. Лакатошу, возникает ситуация выбора?

«Когда две исследовательские программы соревнуются, их первоначальные «идеальные» модели обычно связаны с различными аспектами определенной предметной области (например, первая модель ньютоновской полукорпускулярной оптики описывала отражение света, а первая модель волновой оптики Гюйгенса – интерференцию света). По мере расширения, соперничающие исследовательские программы постепенно вторгаются на территорию друг друга, и *n*-ая версия первой становится вопиюще, драматически несовместимой с *m*-ой версией второй. В результате (неоднократно) произведенного эксперимента первая программа терпит поражение, в то время как вторая выигрывает битву. Но война еще не окончена: любой исследовательской программе дозволяется иметь несколько таких поражений. Все что требуется для ее возвращения – это обеспечение создания (*n*+1)-ой (или (*m+k*)-ой) увеличивающей содержание версии и верификации части ее нового содержания» (Лакатош, 1970, с.158).

Таким образом, методология НИП даже и не предлагает варианта, способного разрешить ситуацию выбора между конкурирующими программами: «...моя «методология», в отличие от прежних значений этого термина, лишь оценивает вполне сформировавшиеся теории (или исследовательские программы) и не намеревается предлагать никаких средств ни для выработки хороших теорий, ни даже для выбора между двумя конкурирующими программами. Мои «методологические правила» обосновывают рациональность принятия эйнштейновской теории, но они не заставляют ученых работать с исследовательской программой Эйнштейна, а не Ньютона... Точно так же, когда оказывается, что, согласно моим критериям, одна исследовательская программа «прогрессирует», а конкурирующая с ней «регрессирует», это свидетельствует лишь о том, что данные программы обладают определенными объективными свойствами, а вовсе не о том, сто ученые обязаны работать только в рамках прогрессирующей «программы» (Лакатош, 1978, с.322 – 323).

Не означает ли отказ Лакатоша от предложения средств для выбора между конкурирующими программами, что, например, в ситуации выбора между теориями Ньютона и Эйнштейна, обе теории были одинаково хороши? – Нет. «Теория Эйнштейна лучше, т.е. представляет прогресс по отношению к теории Ньютона с 1916 г. (то есть законам ньютоновской динамики, законам гравитации, известному множеству начальных условий; минус список известных аномалий, таких как смещение перигелия Меркурия) потому, что она объясняла все, что успешно объясняла теория Ньютона, и что она также объясняла до некоторой степени известные аномалии, и, вдобавок, запрещала события, подобные распространению света вдоль прямых линий вблизи больших масс, о которых ньютоновская теория ничего не говорила, но которые разрешались другими хорошо подтвержденными научными теориями того времени; более того, по крайней мере часть добавочного содержания теории Эйнштейна была фактически подтверждена...» (Лакатош, 1970, с.124).

Следовательно, ситуация выбора, по Лакатошу, должна разрешаться выбором не программы, а теории – той, которая построена в рамках прогрессирующей НИП. Иначе как же тогда понимать утверждение Лакатоша о том, что теория Эйнштейна была лучше теории Ньютона? Это, конечно, не означает, что методология НИП запрещает разрабатывать регрессирующую в данное время программу П1. Ведь вполне возможно, что именно в рамках П1 удастся создать теорию, которая будет лучше нынешней. Это означает, что для решения определенных теоретических и практических задач необходимо использовать, как лучшую по сравнению со всеми остальными теорию из прогрессирующей программы П2. Если в дальнейшем будет создана теория, обеспечивающая эмпирически-прогрессивный сдвиг конкурирующей программе П2, то надо будет использовать эту теорию.

**3. Концепция Куна.**

В процессе научной революции сменяется не отдельные теории, не исследовательские программы, а «парадигмы». (Мы поместили обзор концепции Т. Куна после концепции И. Лакатоша в целях удобства изложения; на самом деле концепция последнего была создана после и пол влиянием концепции автора «Структуры научных революций» - см. Фойерабенд, 1970). Каждая парадигма обладает двумя неразрывно связанными друг с другом сторонами.

Во-первых, она является «дисциплинарной матрицей», т.е. парадигма – это «совокупность убеждений, ценностей, технических средств и т.д., которые характерны для членов данного научного сообщества» (Кун, 1975, с.220).

С другой стороны, парадигма – это общепринятый образец применения общих законов данной теории к конкретным ситуациям. Каждая новая парадигма всегда выдвигается вместе с зафиксированными в ее образцах приложениями. Однако эти образцы полностью не охватывают всех приложений теории и не могут трактоваться как методологические правила. Правил соответствия, способных обеспечивать, как наивно полагали сторонники логического эмпиризма, эмпирическую интерпретацию теоретических понятий, вообще не существует. Эта интерпретация зависит от общепризнанных образцов. Два разных научных сообщества, которые обладают одинаковыми символическими обобщениями, но различными образцами, приписывают различным теоретическим терминам разные значения. Они по-разному интерпретируют свои обобщения, будучи разделены «переключением гештальта». Даже язык наблюдений не является нейтральным.

Дисциплинарная матрица не может быть до конца описана теориями и разными методологическими правилами. Поэтому усвоение ее отдельным исследователем происходит благодаря образованию и непосредственному участию в научном исследовании. Именно таким образом парадигма – «дисциплинарная матрица» приобретается ученым при помощи парадигмы «образца».

Научная революция по Т. Куну, состоит прежде всего в смене дисциплинарных матриц. Но из-за связи образцов с «матрицами» несоизмеримость образцов приводит к несоизмеримости матриц. «Физическое содержание эйнштейновских понятий никоим образом не тождественно со значением ньютоновских понятий, хотя они и называются одинаково. Ньютоновская масса сохраняется, эйнштейновская может превращаться в энергию. Только при низких относительных скоростях обе величины могут быть измерены одним и тем же способом, но даже тогда они не могут быть представлены одинаково» (Кун, 1975, с.134).

Новая и старая парадигмы несоизмеримы. Никакого объективного основания для их сравнения не существует (см. также Фоейрабенд, 1976). Никакие логические аргументы неспособны доказать превосходство одной дисциплинарной матрицы над другой. Ситуация выбора вообще не может быть разрешена путем логического или математического доказательства. Известные как «критерии выбора» «красота», «простота» и т.п. являются лишь ценностным факторами – отдельными учеными они понимаются и применяются по-разному. «Хотя эти оценки часто привлекают к новой теории только немногих ученых, бывает так, что это именно те ученые, от которых зависит ее окончательный триумф. Если бы они не приняли ее быстро в силу чисто индивидуальных причин, то могло бы случиться, что новый кандидат в парадигмы никогда не развился бы достаточно для того, чтобы привлечь благосклонность научного сообщества в целом» (Кун, 1975, с.197).

Каков, по Куну, универсальный механизм смены парадигм?

В каждой научной революции новая парадигма возникает только после резко выраженных неудач (или «кризиса») в деятельности по «решению головоломок» в рамках старой парадигмы (то есть после появления аномалий особого рода). Правда, неспособных справиться с техническими задачами в процессе функционирования старой парадигмы не является единственным признаком кризиса. Но это – его «ядро».

Ученые никогда легко не отказываются даже от ввергшей их в кризис парадигмы. Они не рассматривают аномалии как контрпримеры. Но если аномалия вызывает кризис, то это – нечто большее, чем просто аномалия. Иногда аномалия будет подвергать сомнению фундаментальные обобщения парадигмы (теория Максвелла и проблема эфирного ветра). Или (коперниканская революция) аномалия может вызвать кризис, если приложения, которым она препятствует, обладают экстраординарной практической значимостью (создание грегорианского календаря).

Переход к кризису начинается только тогда, когда в силу этих или других, подобных им, оснований аномалия оказывается чем-то большим, нежели еще одной «головоломкой» старой парадигмы. В кругу профессионалов становится все более признанным, что они имеют дело с отступлением от старой парадигмы. Сперва попытки решить проблему непосредственного определяются правилами старой парадигмы. Но если проблема не решается, то последующие попытки будут содержать более или менее значительные доработки парадигмы. Каждая из них непохожа на другие, и ни одна сначала не принимается в качестве новой парадигмы. «Вследствие этого умножения расходящихся между собой разработок парадигмы (которые все чаще и чаще оказываются приспособлениями ad hoc) неопределенность правил нормальной науки имеет тенденцию к возрастанию. Хотя парадигма все еще сохраняется, мало исследователей полностью согласны друг с другом по вопросу о том, что она собой представляет. Даже те решения проблем, которые прежде представлялись привычными, подвергаются теперь сомнению» (Кун, 1975, с.113).

Но использование рассмотренных концепций для анализа реальных ситуаций смены научных теорий встречается со значительными трудностями.

**Заключение к § 1, гл. 1.** Итак, к настоящему времени предложены три основные концепции смены. Это – монотеоретическая концепция с входящими в нее эмпиристскими и неэмпиристскими вариантами, концепция И. Лакатоша и концепция Т. Куна. Согласно первой из них, смена теорий происходит либо при помощи «критического эксперимента», либо за счет использования «критериев выбора» типа «простоты», «красоты» и т.д. Согласно И. Лакатошу, реконструируя процесс смены, правомерно говорить о смене не теорий, а исследовательских программ. По Т. Куну, в процессе научной революции сменяются не теории, не программы, а «парадигмы», каждая из которых, с одной стороны, является совокупностью ценностных установок, характеризующих данное научное сообщество, а с другой – общепризнанным образцом применения общих законов данной фундаментальной теории к практике.

**§ 2. Неэффективность монотеоретического варианта**

(1А) Анализ ситуации выбора между теориями Лоренца и Эйнштейна, сложившейся в начале века в «электродинамике движущихся тел», показывает (см. § 2 четвертой главы), что, по крайней мере в нынешнем состоянии разработанности, эмпиристский вариант неспособен разрешить ситуацию выбора между этими двумя теориями. Более того. Сомнительно, что этот вариант можно будет отыскать в рамках эмпиристского подхода: последний основан на неверном тезисе о существовании «независимого от теоретических привнесений языка наблюдений» (см., например, Сапп, 1974; Карпович, 1977; Никифоров, 1983).

(1Б) Ведущиеся до сих пор многочисленные дискуссии об истинно точной формулировке «инструменталистских» критериев выбора не привели к согласию ни по одному из известных критериев. Зафиксированы случаи, когда, в итоге анализа одной и той же ситуации выбора, различные формулировки одного и того же критерия указывают, как на адекватные, на разные теории. Например, в ситуации выбора в теории тяготения одна формулировка критерия простоты указывает, как на адекватную, на одну из метрических теорий, а другая – на одну из неметрических (Чудинов, 1974).

Кроме того, историками науки описаны ситуации, когда различные критерии, несмотря на резонность их использования, диктуют различные решения, различные выборы. «В подобных конфликтных по отношению к ценностным факторам ситуациях – одна теория проще, а другая точнее, – относительный вес, придаваемый различным факторам разными индивидами, может играть определяющую роль только для индивидуального выбора» (Кун, 1970, с.262).

Например, в ситуации выбора между теориями Птолемея и Коперника критерий «согласованности с другими теориями» указывает, как на адекватную, на теорию Птолемея, а критерий «простоты» - на теорию Коперника. Теория Птолемея, основывавшаяся на предположении о покоящейся в центре Вселенной Земле, полностью согласовывалась с господствовавшей тогда физикой Аристотеля. Последняя объясняла, кроме всего прочего, и то, почему падают камни, и то как работают водяные насосы, и то, почему образуются тучи, и как они движутся над поверхностью Земли (Кун, 1957).

С другой стороны, теория Коперника была проще теории Птолемея в том смысле, что для качественного объяснения явлений «обратного движения», «ограниченного изменения» и т.п. Коперник использовал по одной окружности на планету, а Птолемей – по две.

Необходимо оговориться, что само существование этой ситуации выбора – лишь результат теоретической реконструкции. Скажем, в работах Ахундова и Илларионова утверждается, что коперниканская революция была натурфилософской, а не научной.

Именно в силу рассмотренных обстоятельств использование **системы критериев** встречается с неменьшими трудностями. Очевидно, что построение самосогласованной системы критериев возможно только на основе определенной логико-методологической модели процесса смены теорий. Только в рамках такой модели каждому критерию может быть указана своя, непересекающаяся с другими область применимости. Но, насколько известно автору, ни одним из сторонников рассматриваемого варианта такой подход реализован не был.

Более того. Вариант разрешения ситуации выбора за счет применения неэмпиристского критерия особенно остро сталкивается с проблемой гносеологического обоснования. Например, объяснение правомерности использования критерия простоты – «мир по природе своей прост» – основывается на типичном натурфилософском аргументе.

С другой стороны, рассмотрение этого критерия ка «внутренне присущего познанию как таковому мыслительного штампа» (Мейерсон, 1912, с.8), наполняющегося от эпохи к эпохе новым содержанием, имеет явно **априористский** характер.

Но и «неинструменталистский» критерий выбора – принцип общей наблюдаемости (ПОН) В.П. Бранского в том виде, в каком он представлен в работе «Проблема синтеза релятивистских и квантовых принципов» (1973), – по нашему мнению, неэффективен. Произвол в понятиях «разные и независимые способы наблюдений» не допускает возможности использования ПОН в качестве критерия выбора.

В самом деле, «если объект наблюдается по крайней мере двумя различными и притом независимыми друг от друга способами, то закономерность результатов наблюдений (явлений f и φ) друг от друга может быть рационально понята только при допущении существования некоторого объекта, независимого от этих наблюдений» (Бранский, 1973, с.82).

Следовательно, как полагает В.П. Бранский, объективно существуют только принципиально наблюдаемые объекты (ПНО), обладающие следующими признаками.

(1) Представление о ПНО вводится в рамках данной теории для объяснения некоторых наблюдавшихся явлений.

(2) Это объяснение достигается те, что такой объект наделяется свойством А1.

(3) Кроме А1, он имеет свойство А2, причем А2 может объяснить одно или несколько явлений, которые **в принципе** могут наблюдаться независимо от А1.

В ситуациях выбора предпочтение отдавалось и должно отдаваться той теории, которая оперирует ПНО. Однако в приведенной выше формулировке Принцип Общей Наблюдаемости неприемлем по следующим причинам.

1. Эта формулировка допускает следующую интерпретацию независимости наблюдений: у прибора, фиксирующего свойство А1, не должно иметься части, работающей на основе свойства А2. Но такая формулировка допускает наблюдаемость квантово-полевого вакуума и обнаруживает неэффективность применения ПОН в квантовой теории поля – в области, **специально** выбранной В.П. Бранским для проверки «работы» этого принципа. В квантовой электродинамике (и вообще в квантовой теории поля) существует так называемый «эффект Казимира»: вакуумные флуктуации электромагнитного поля приводят к возникновению сил притяжения между плоскопараллельными, нейтральными пластинами. Между пластинами нет реальных частиц – только виртуальные. Но результаты многочисленных экспериментов заставляют нас принимать энергию этих частиц всерьез. Силы Казимира можно измерить, и они были измерены (подробности – в обзоре Бойера, 1969).

2. Анализ ситуации выбора в «электродинамике движущихся тел» (Грюнбаум, 1969; Меркулов, 1980) показывает, что в описанной выше интерпретации ПОН допускает, вопреки намерениям В.П. Бранского, существование эфира. Последний действительно мог бы наблюдаться двумя разными способами – при помощи двухплечевого интерферометра в установке Кеннеди – Торндайка и силного магнита в опыте типа Кауфмана. Применение ПОН неспособно разрешить ситуацию выбоа между теориями Лоренца и Эйнштейна.

В итоге, в приведенной выше формулировке (Бранский, 1973), ПОН неэффективен. Далее мы покажем, как можно его усовершенствовать за счет соответствующей интерпретации понятий «независимость измерений». Мы полагаем, что «независимость» должна пониматься как «дополнительность» (в смысле Н. Бора) измеряемых величин. Но само гносеологическое обоснование получаемого таким образом «Принципа Дополнительной Наблюдаемости» неизбежно выводит за рамки монотеоретической концепции.

**Заключение к § 2 гл. I.** Анализ историко-научного материала – ситуации выбора между теориями Лоренца и Эйнштейна – показывает, что эмпиристкий вариант неспособен разрешить ситуацию выбора между этими теориями. Не более эффективен и неэмпиристский вариант – ни использование одного критерия, ни применение системы критериев не могут улучшить положение.

**§ 3. Неэффективность варианта Лакатоша.**

Отметим с самого начала, что предлагаемый в данном параграфе критический анализ не претендует на полноту: более подробно методология НИП рассмотрена в четвертой главе.

3.1. Лакатош нигде не указывает, как образуются «твердые ядра» НИП. Он лишь ограничивается замечанием, что «действительное ядро программы не возникает на самом деле во всеоружии как Афина из головы Зевса. Оно развивается медленно, долгим предварительным процессом проб и ошибок» (Лакатош, 1970, с.133).

Но анализ историко-научных данных – работ классиков естествознания, например, – показывает, что, как правило, ни в одном отдельно взятом документе не содержится изложение ученым твердого ядра программы, на основе которого он строит свои теории. Более того. В работах, принадлежащих разным периодам их деятельности, ученые часто высказывают отличающиеся друг от друга, а иногда и диаметрально противоположные суждения о мотивах и гносеологических основаниях своих исследований (см., например, пятую главу данной работы). Рассматривая приведенные И. Лакатошем исторические примеры (программы Проуга и Бора), можно заключить, что содержание «твердого ядра» воссоздается **самим** методологом. «Так, например, сам Проут никогда не формулировал «проутианскую программу»: проутианская программа не есть программа Проута. Не только «внутренний» успех или «внутреннее» поражение некоторой программы, но часто даже ее содержание можно установить только ретроспективно» (Лакатош, 1978, с.233).

Но тогда только от методолога зависит, считать ли переход от одной теории к другой «прогрессивным» или нет. Он всегда может так воссоздать «твердое ядро» им же самим выдуманной программы, чтобы она «прогрессировала» по крайней мере в течение некоторого промежутка времени. Именно это, с нашей точки зрения, имел в виду Т. Кун: «...то, что Лакатош понимает под историей, таковой вообще не является, а представляет собой примеры, сфабрикованные философией» (Кун, 1978, с.278). Различные реконструкции твердого ядра одной и той же НИП могут указывать, как на более адекватные, на разные теории из одной и той же ситуации выбора.

3.2. Рациональная реконструкция истории перехода от теории Лоренца к специальной теории относительности, проделанная учеником И. Лакатоша (Захар, 1973), приводит к серьезным расхождениям с реальной историей науки (подробнее – в четвертой главе). Сторонники Лакатоша могут, конечно, возразить, что « –рационально реконструированный – рост знания имеет место в мире идей, в платоновском и попперовском «третьем мире», в мире знания, независящего от познающего субъета» (Лакатош, 1970, с.179 – 180). Историко-научные данные, аномальные для реконструкции Э. Захара, не являются контрпримерами, поскольку задача методолога – давать рациональную **реконструкцию** истории, «описание объективного научного роста».

Но тогда чем же лучше методология НИП отвергнутых самим же Лакатошем индуктивизма, «наивного» методологического фальсификационизма и т.д.? Ведь основным аргументом против этих концепций является, по Лакатошу, то, что по их стандартам ученые или иррационально медленны, или иррационально спешат. «По его (фальсификациониста – **Р.Н.**) стандартам выходит, что ученые иррационально медленны: например, 85 лет разделяли принятие Меркурия как аномалии и его признание как фальсификации теории Ньютона... С другой стороны, выходит, что ученые часто иррационально спешат: например, Галилей и его ученики приняли коперниканскую гелиоцентрическую небесную механику несмотря на очевидную нелепость вращения Земли; или Бор и его ученики приняли теорию испускания света, несмотря на то, что она противоречит хорошо подтвержденной теории Максвелла» (Лакатош, 1970, с.115).

Вот и по Э. Захару ученые поспешили на 9 лет. Историки науки утверждают, что сообщество физиков отказалось от эфира уже к 1910 – 1912 гг. Но, согласно работе Захара, рациональные причины принятия специальной теории относительности могли появиться только после 1916 г. – после создания общей теории относительности.

3.3. Согласно создателю методологии НИП, прогресс в области методологии науки «состоит в открытии новых исторических фактов и во все более расширяющейся рациональной реконструкции истории науки, пронизанной оценочными характеристиками» (Лакатош, 1978, с.257). Всякая методологическая концепция функционирует в качестве историографической (метаисторической) исследовательской программы. Любая методологическая концепция (или, по Лакатошу, теория рациональности) определенным образом организует «базисные оценочные суждения научной элиты» в единую структуру.

Примерами «базисных оценочных суждений» являются суждения, согласно которым теории флогистона и Бора – Крамерса – Слэтера не являются научным. Эти суждения среди современных ученых являются общепринятыми.

Хорошая теория рациональности должна, очевидно, не тоько предвосхищать новые базисные оценочные суждения, неожиданные в свете предшествовавших ей теорий, но и приводить к пересмотру принятых ранее базисных оценочных суждений. Поэтому Лакатош предлагает следующий критерий выбора адекватной теории рациональности. «В соответствии с этим мы будем отвергать некоторую теорию рациональности только во имя другой, лучшей теории, которая представляет – в этом «квазиэмпирическом» смысле – прогрессивный сдвиг в последовательной смене исследовательских программ рациональных реконструкций. Таким образом, этот новый, ослабленный метакритерий позволяет нам сравнивать конкурирующие логики исследования и зафиксировать рост «метанаучного – методологического – знания» (Лакатош, 1978, с.255).

Например, «теория рациональности» К. Поппера должна быть отброшена не потому, что она противоречит базисным оценочным суждениям ведущих ученых, а потому, что выдвинута теория рациональности самого И. Лакатоша. Последняя же лучше теории Поппера по следующим причинам.

(а) Она дает единое понимание известных, но ранее изолированных базисных оценочных суждений.

(б) Эта теория приводит к новым, неожиданным для теории Поппера базисным оценочным суждениям (см. рассмотренный пример со сдвигом перигелия Меркурия).

Следовательно, согласно метакритерию И. Лакатоша, если будет выдвинута новая «теория рациональности», которая сможет обеспечить «прогрессивный сдвиг решаемых проблем» по сравнению с методологией НИП, надо будет вместо теории Лакатоша принять эту новую теорию. В пятой главе этой работы будет показано, что концепция автора (вторая и третья главы) задает определенную теоретическую реконструкцию процесса смены лоренцевской электродинамики специальной теорией относительности (СТО). Эта реконструкция:

(а) предвосхищает новые базисные оценочные суждения, неожиданные для методологии НИП;

(б) позволяет считать историку науки рациональной большую часть оценочных суждений;

(в) дает единое понимание известных, но изолированных в рамках методологии НИП базисных оценочных суждений.

Поэтому **объективно** эта концепция обеспечивает «прогрессивный сдвиг решаемых проблем» по отношению к теории Лакатоша. Не означает ли это, что, согласно **его же** собственному метакритерию, необходимо заменить методологию НИП нашей?

3.4. Почему в примерах, рассмотренных И. Лакатошем, конкурируют только по две программы, а не, скажем, по шесть? Если всегда конкурируют только две программы, то тогда действительно прогресс одной из них «играет роковую роль в регрессе конкурента» (Лакатош, 1970, с.220). В этом случае производимые программой П1 новые факты будут аномалиями для конкурирующей программы П2. П1 прогрессирует, П2 – регрессирует, и ситуация выбора может быть в принципе разрешена. А если конкурируют шесть программ, и три из них «прогрессируют» по отношению к остальным? Ситуация конкуренции *к* программ (*к* >2) была бы действительно запрещена в методологии НИП тогда, когда соревноваться могли бы только **альтернативные** программы (см. подробнее Нугаев, 1985). По определению, твердое ядро альтернативной программы П1 содержит утверждения, прямо противоположные утверждениям ядра программы П2. Истинным может быть только одно твердое ядро. Но описанный И. Лакатошем механизм возникновения конкурирующих программ допускает конкуренцию какого угодно количества программ. Если число их равно *к* (*к* >2), то вариант Лакатоша разрешить ситуацию выбора не может. Последователи Лакатоша вправе, конечно, возразить, что в реальной истории науки конкурируют всегда только две программы. И объяснение этого факта для них лежит вне «внутренней» истории.

Но тогда любая методологическая модель, в которой могут конкурировать только две программы, явно превосходит методологию НИП согласно метакритерию самого Лакатоша. В частности, концепция, которая будет подробно изложена в следующей главе, объясняет, почему в ситуации выбора конкурировать могут только **два** альтернативных типа программ.

**Заключение к § 3 гл. I.** Методология НИП неэффективна для разрешения ситуаций выбора по следующим причинам. (1) Лакатош не указывает, как образуются ядра программ. (2) Захаровская реконструкция перехода «Лоренц-Эйнштейн» расходится с реальной историей науки. (3) Нет объяснения того, почему в примерах конкурируют только две программы.

**§ 4. Неэффективность варианта Куна.**

Нижеследующий критический анализ ни в коей мере не претендует на полноту. Его цель – рассмотреть, как Т. Кун решает проблему смены фундаментальных теорий.

4.1. Концепция Т. Куна неприменима в ситуации выбора в современной теории тяготения. Действительно, эта концепция основана на утверждении о несоизмеримости конкурирующих парадигм. Т. Кун сравнивает две парадигмы, «старую» и «новую», с двумя разными языками и утверждает, что эти языки взаимонепереводимы. Но языки сменяющих друг друга теорий соотносятся не как английский и французский языки, например, а как английский язык детей и английский язык взрослых (Ватанабе, 1971, с.26). Язык, используемый детьми («старая теория»), в принципе переводим на язык, используемый взрослыми («новая теория»), но обратное неверно. Согласно тезису Куна – Фойерабенда, конкурирующие парадигмыне имеют объективной основы для сравнения. Но к настоящему времени в современной теории тяготения **уже** разработан нейтральный по отношению к конкурирующим метрической и неметрической парадигмам язык. Этот язык не является независящим от теоретических привнесений позитивистским «нейтральным языком наблюдений». Это – язык теорий: специальной теории относительности и ньютоновской теории гравитации (подробнее – см. Нугаев, Якупов, 1984). На этом языке описывают результаты наблюдений и экспериментов как метрические, так и неметрические релятивистские теории гравитации. В работе Нугаева (1988) показано, каким образом утверждение о необходимости такого языка в теории тяготения вытекает из разработанной нами методологической модели.

4.2. Как и Имре Лакатош, Томас Кун не объясняет, почему конкурировать могут только две парадигмы. Концепция Куна допускает соревнование какого угодно количества парадигм. Этого не было бы, если бы конкурирующие парадигмы были альтернативными. Но они не могут быть альтернативными, поскольку они **несоизмеримы.** Обратимся для наглядности к следующему примеру, впервые приведенному Полом Фойерабендом.

Согласно теории Аристотеля, движение есть процесс, возникающий из непрерывного действия его источника (силы). Это положение подтверждалось «фактами» – например, движением телеги, в которую запряжена лошадь. Однако теория Аристотеля сталкивалась с трудностями при объяснении таких движений, источник которых был отделен от движущегося тела, например, при объяснении движения брошенного камня. Эта трудность была устранена теорией импетуса, согласно которой рука сообщает камню стимул к движению. После того, как камень отрывается от бросившей его руки, он продолжает движение под действием сообщенного ему стимула. Стимул постепенно расходуется на преодоление сопротивления окружающей среды. Когда стимул становится равным нулю, камень падает на землю. Именно поэтому в безвоздушном пространстве стимул тела остается постоянным.

Последнее утверждение эмпирически-эквивалентно закону инерции классической механики. Тем не менее классическая механика несовместима с аристотелевской теорией движения, даже дополненной теорией стимула.

В самом деле, из последней следует, что существует некая сила, ответственная за прямолинейное равномерное движение тела (Т). В классической механике существование такой силы отрицается (Т'). Поэтому две эти теории несовместимы.

Для того, чтобы утверждения (Т) и (Т') противоречили друг другу, необходимо, чтобы термин «сила» понимался в них одинаково. (Иначе Т и Т' будут высказываниями о разных вещах: в огороде бузина, а в Киеве – дядька). Должен выполняться закон инвариантности понятий сравниваемых теорий. Но если, как полагают Т. Кун и П. Фойерабенд, этот закон неверен, то как же мы сможем сравнивать утверждения (Т) и (Т')? Парадигмы или несоизмеримы, но совместимы, или же соизмеримы, но несовместимы.

4.3. Даже по стандартам самой концепции Т. Куна, данный им анализ «структуры научных революций» является, в лучшем случае, лишь первым приближением. Несмотря на то, что Т. Кун дал интересный и плодотворный анализ структуры и развития **одной** парадигмы, механизма перехода от «старой» парадигмы к «новой», его концепция ничего не говорит о **взаимодействии** равноправных, «старых» парадигм. Но, как историк науки, Т. Кун не может не отдавать этому процессу должное. В частности, в работе «Теория черного тела и квантовая дискретность, 1894 – 1912» он подчеркивает, что Макс Планк был одним из первых физиков, понявших необходимость исследования взаимодействия между статистической механикой , термодинамикой и максвелловской электродинамикой. «Его первая квантовая теория была результатом взаимодействия этих трех ведущих теоретических тенденций второй половины 19 века» (Кун, 1978, с.3).

4.4. Анализируя концепцию Т. Куна, никогда не следует забывать, что ее автор намеревался не столько сформулировать какую-то раз и навсегда данную новую модель смены, сколько показать неадекватность истории науки «старой», позитивистской модели. Автор «Структуры научных революций» прекрасно отдает себе отчет в неполноте и недостаточности собственной концепции, в том, что она в лучшем случае лишь указывает направление будущих исследований. «Каким образом ученые совершают выбор между соревнующимися теориями? В чем состоит путь прогресса науки? Позвольте мне заявить, что, открыв этот ящик Пандоры, я его тут же и закрою. Я слишком многого в этих вопросах не понимаю, да и не должен на это понимание претендовать» (Кун, 1977, с.288).

Поэтому особый интерес представляет попытка В. Штегмюллера развить концепцию Т. Куна за счет более тонкого и тщательного анализа структуры самой парадигмы. Нелишне добавить, что это «структуралистский подход» основанный на идеях Д. Снида, был положительно оценен самим автором «Структуры научных революций».

Согласно Д. Сниду и В. Штегмюллеру, анряду с обычным, «препозиционным» представлением научных теорий, последние могут быть представлены также «объективным», независимым от лингвистических выражений образом. А именно: каждая теория может быть репрезентирована парой <*S, I>,* состоящей из структуры *S* и множества известных применений или приложений *I.*Структура *S* состоит из ядра, содержащего математическую структуру *M*, класса моделей теории и функции *R*, относящейся к различию между теоретическими и нетеоретическими терминами. К *S* относятся связи С, а также различные **расширения** ядра, представляющие его приложения. Сюда же входят законы и особые ограничения, которые в этих приложениях справедливы. Ядро может рассматриваться как «теория как таковая», а расширения – как демонстрация того, как теория «работает» в определенных условиях. Структура *S* и применения *I* связаны в фактуальном предложении Є *А (Е).* Применения теории – это и есть те факты, которые ей «допускаются».

Оставляя в стороне общую оценку как достоинств такого представления концепции Т. Куна, так и его недостатков (см., например, Кравченко, 1985), обратимся к тому, что нас интересует больше всего – к механизму смены парадигм.

Во-первых, теории, определенные, описанным выше «объективным» образом, не могут быть опровергнуты. Они, конечно, могут приводить к выдвижению утверждений, противоречащих фактам. Например, если *I* не принадлежит *А (Ek),* мы можем сохранить <*S, I>,* но отбросить *Ek*. Эта процедура, по терминологии В. Штегмюллера, «строго рациональна». Неверные допущения относятся к расширениям ядра, но не к нему самому.

Судя по всему, структуралистское отношение между теорией и опытом является куда более тонким и сложным, нежели в индуктивистских и фальсификационистских концепциях. Но когда же мы на самом деле сможем отбросить старую парадигму и заменить ее новой?

И вот тут-то мы подходим к одному из основных пунктов структуралистской концепции, прекрасно освещенному П. Фойерабендом. Дело, оказывается, в том, что, по В. Штегмюллеру, процесс смены научных теорий имеет «практическую сторону, которую неправильно смешивали с иррациональной». Она состоит в том, что теория – это не совокупность утверждений, а «сложный инструмент для получения утверждений» (цит. по статье Фойерабенда, 1977, с.358). И он служит этим целям, даже если он служит им плохо. Если у нас, например, протекает крыша, то можно заменить ее новой, лучшей, но можно и сохранить старую. Мы не можем **в принципе** доказать, что человек должен поступать так, а не иначе. Но это, по мнению В. Штегмюллера, отнюдь не недостаток концепции: подобное доказательство и не требуется. Достаточны лишь практические соображения, и «это все, что здесь можно сказать».

Мы можем заключить, что структуралистские попытки эксплицировать, уточнить концепцию Т. Куна не устранили, а – наоборот, только высветили четче один из ее недостатков: то, что в ней нет теоретической реконструкции процесса смены парадигм. Более того. Если сам Томас Кун хоть призывает к дальнейшему исследованию этого процесса, скажем, средствами социальной психологии, то Вольфганг Штегмюллер вообще отказывается его рассматривать. В данном отношении В. Штегмюллер не решает проблему, а просто переформулирует ее так, чтобы со спокойной совестью отложить в сторону.

**Заключение к § 4 гл. I.** Вариант реконструкции процесса смены, основанный на концепции Т. Куна, неэффективен по следующим причинам. (1) Концепция Т. Куна «не работает» в современной теории тяготения. (2) Конкурирующие парадигмы не могут быть альтернативными, поскольку они несоизмеримы. (3) Т. Кун не рассматривает механизма взаимодействия нескольких «старых парадигм». (4) Попытки В. Штегмюллера уточнить концепцию Т. Куна проблему теоретической реконструкции процесса смены парадигм не решают.

**§ 5. Дескриптивный подход или нормативные модели?**

Ни одна из рассмотренных концепций смены фундаментальных теорий не обеспечила создание варианта, способного эффективно разрешить как ситуацию выбора в современной теории тяготения, так и теоретически воспроизвести ситуацию выбора, имевшую место в прошлом (электродинамика движущихся тел). В чем причина неэффективности рассмотренных вариантов?

На этот вопрос допустимы только два ответа.

1. Искомый вариант вообще не существует.
2. Этот вариант еще не найден.

Рассмотрим каждую из имеющихся возможностей.

Бесперспективность поисков эффективного варианта разрешения ситуации выбора обосновывается методологией, которую принято называть **дескриптивной** (от английского слова description – описание). Ее сторонники полагают, что задача методолога состоит только в том, чтобы описывать соображения и критерии, которые **фактически** использовались или используются учеными в процессе выбора гипотез или направлений исследования (подробнее см. Мамчур, 1973; Панченко и Шубакова, 1976). По их мнению, разработка методов, норм, идеальных моделей познания (а в этом и состоит **нормативная** функция методологии) – работа безнадежная.

Например, фальсификационистское описание истории науки как процесса выдвижения и последующего опровержения различных гипотез неприемлемо не потому, что оно плохо согласуется с историко-научными данными. Для методологов – дескриптивистов попперовское описание неприемлемо потому, что оно является **теоретическим**. Историческая ситуация описывается так, как она видится историку или эпистемологу науки, а не реальному участнику данной исторической ситуации.

«Я утверждаю, что понятие историко-научного объяснения аномально с точки зрения предсказуемости, подведения под более общий закон, и ответа на вопрос «почему». Я также показал, что практика объяснения неудовлетворительна в том смысле, что наиболее очевидной характеристикой самых «объяснительных» исторических исследований является их чрезвычайная неудовлетворительность» (Финокьяро, 1973, с.131).

Как полагают сторонники дескриптивизма, трудности историко-научного исследования возникают потому, что их авторы некритически заимствуют те или иные концепции философии науки. А эти концепции неприемлемы по следующим трем причинам, вскрытым Морисом Финокьяро.

Во-первых, необходимо различать «логико-теоретические» структуры в головах философов и «логико-исторические» – в головах непосредственных участников исторических событий. Так, сторонники фальсификационизма не могут утверждать, что Ньютон верил в то, что его закон тяготения опровергал законы Кеплера. Но они тем не менее утверждают, что закон Ньютона несовместим с законом Кеплера, и что Ньютон был неправ в той мере, в какой он в это верил. Поэтому закон тяготения является опровержением законов Кеплера только в логико-теоретическом смысле, но никак не в логико-историческом. В силу того, что исторические агенты (непосредственные участники) – люди рациональные, они, естественно должны быть чаще правы, нежели ошибаться. Однако описания, создаваемые философами науки, говорят об обратном.

Во-вторых, рост знания является фундаментальным фактом. Он делает философа и историка науки мудрее исторических агентов. Но тогда логико-теоретическая структура процесса смены не будет в общем совпадать с его логико-исторической структурой. В этом смысле логико-теоретическое описание является неполным, поскольку оно не обеспечивает нас информацией о действительной исторической ситуации.

В-третьих, поведение людей зависит от того, во что они верят и лишь опосредованно – от того, что «есть на самом деле». Но тогда процессы смены одной теории другой могут быть описаны только в терминах исторических агентов.

Мы полагаем, что скептическая позиция по отношению к проблеме теоретической реконструкции процесса смены для методолога, работающего в русле реалистской теории познания, неприемлема. Научная теория – не только инструмент для упорядочения или предсказания опытных данных. При рассмотрении научного познания реализм исходит из того, что внешний мир существует, что он познаваем, и что ряд сменяющих друг друга фундаментальных теорий (ньютоновская механика, специальная теория относительности, релятивистская квантовая теория поля) дает все более адекватное его изображение. Каждая последующая теория более полно и точно описывает реальность, чем предыдущая. Поэтому ряд сменяющих друг друга теорий мы можем назвать прогрессивным. При реконструкции процесса смены методолог должен объяснить, почему «новая» теория, пришедшая на место «старой», является более адекватным отражением действительности. Он должен доказать, что рассматриваемый им ряд теорий является прогрессивным. Но подобное доказательство невозможно без установления **критерия** прогресса, на основании которого можно сравнивать новую и старую теории. Будучи примененным к ситуации выбора, еще неразрешенной научным сообществом, этот критерий станет функционировать в качестве определенного варианта разрешения рассматриваемой ситуации. Он будет указывать, как на более предпочтительную, на одну определенную теорию из всей совокупности эмпирически-эквивалентных теорий, и тем самым будет задавать некоторые **нормы** деятельности ученых. Поэтому **реалистская методология науки с необходимостью нормативна.** И одна из задач методолога – разработка **идеальной модели** процесса смены фундаментальных научных теорий. Для того, чтобы узнать, что она собой представляет, надо сначала рассмотреть вопрос о соотношении теоретического и эмпирического в методологическом исследовании.

Простое описание какого-либо периода развития науки может помочь в установлении в лучшем случае эмпирической закономерности. Для того, чтобы возвести эмпирическую закономерность в ранг теоретического закона, то есть для того, чтобы придать ей статус необходимости и всеобщности, надо сформулировать ее в виде положения, описывающего взаимосвязь между определенными теоретическими понятиями.

Для уяснения отношения эмпирической закономерности к теоретическому закону в методологическом исследовании обратимся к классическому примеру из физики – выводу закона Бойля – Мариотта, рассмотренному В.С. Степиным (1976, с. 53 – 55).

Пусть на основе наблюдений мы ввели формулу Бойля – Мариотта (на метатеоретическом уровне – нашли определенную закономерность смены теорий). Мы рассмотрели несколько газов (исследовали переходы «Ампер – Максвелл» и «Лоренц – Эйнштейн»). Придаст ли увеличение числа изученных газов (исследование перехода «Планк – Бор») статус необходимости и всеобщности обнаруженной эмпирической зависимости? – Нет. Сколько бы ни проводилось наблюдений, никогда не будет гарантии того, что в следующем опыте найденная зависимость не нарушиться. Более того, она обязательно окажется неподходящей, когда мы перейдем к исследованиям газов, находящихся под большими давлениями (уравнение Ван-дер-Ваальса). В этой связи характерно следующее замечание Ф. Энгельса (Анти-Дюринг, с.93), сделанное по поводу закон Бойля – Мариотта:

«Таким образом, оказалось, что закон Бойля верен только в известных пределах. Но абсолютно ли, окончательно ли верен он в этих пределах? Ни один физик не станет утверждать это. Он скажет, что этот закон действителен в известных пределах давления и температуры и для известных газов; и он не станет отрицать возможность того, что в результате дальнейших исследований придется в рамках этих узких границ произвести еще новое ограничение или придется вообще изменить формулировку закона».

Для получения **закона**, характеризующего связь между давлением и объемом газа, необходимо сначала построить модель идеального газа. Системой абстрактных объектов этой модели является набор идеально упругих и бесконечно малых частиц, соударяющихся друг с другом. Идеально упругие частицы, двигаясь по законам классической механики, ударяются о стенки сосуда. Суммарная сила их ударов на единицу площади характеризует давление газа. Математическое выражение отношений этих абстрактных объектов позволяет теоретически воспроизвести зависимость *PV=const,* зафиксированную ранее опытным путем. В результате индуктивно полученная формула становится законом, описывающим поведение достаточно разреженных газов. Формула *PV=const* предстает теперь в качестве теоретического высказывания. Хотя ее вид остался тем же, велечины *P* и V приобрели иной смысл. Они стали выражать уже не отношения реальных, эмпирически-фиксируемых сосудов и газов, а отношения абстрактных объектов теоретического языка.

Итак, поскольку предсказательная сила индуктивных обобщений имеет вероятностный характер, постольку расширение класса наблюдений, согласующихся с эмпирической зависимостью, не выводит ее из ранга гипотетических предположений и не придает ей признака необходимости. Искомый переход возможен только тогда, когда связь между величинами, представленными в эмпирической зависимости, будет воспроизведена в результате операций над абстрактными объектами, образующими идеальную модель исследуемой области реальности. Для того, чтобы получить закон, характеризующий связь между давлением и объемом газа, необходимо построить модель идеального газа и вывести эмпирическую зависимость из этой модели (Степин, 1976).

Аналогично, вариант разрешения ситуации выбора, индуктивно полученный за счет рассмотрения уже законченных процессов смены, является лишь эмпирической закономерностью. Для того, чтобы придать ему (варианту) статус необходимости и всеобщности, то есть для того, чтобы возвести его в ранг теоретического закона, необходимо вывести его из идеальной методологической модели процесса смены теорий. Эта модель должна теоретически воспроизвести процесс смены за счет рассмотрения отношений между субъектом научного познания и результатами предшествующей деятельности субъекта. Система исходных абстракций, определяющих специфику идеальной модели, должна задаваться теми эмпирически-фиксируемыми особенностями реального процесса познания, которые с необходимостью приводят к смене теорий.

Описание нашедшего к настоящему времени свое завершение процесса смены, сделанное на основе этой идеальной модели, будет историей событий, выбранных и интерпретированных некоторым нормативным образом. Такое описание будет реконструкцией действительной истории, поскольку в него будут входить только те историко-научные «факты», которые являются существенными с точки зрения используемой модели. Будучи примененной к прошлому, идеальная модель определит некоторую **рациональную реконструкцию** действительной истории смены теорий. Будучи примененной к настоящему – определенные нормы деятельности ученых по решению стоящих перед ними задач.

Но, вводя идеальную методологическую модель, не являющуюся непосредственным обобщением историко-научных данных, мы неизбежно сталкиваемся со следующей серьезной проблемой.

Пусть у нас имеется две (или более) различные идеальные модели процесса смены. Каждая из них задает свою, особую рациональную реконструкцию одного и того же процесса смены, имевшего место в прошлом. Какой из них отдать предпочтение? Непосредственное обращение к «фактам» ничего в общем случае не дает, поскольку разные реконструкции имеют дело с разными историко-научными данными. Скажем, сторонник методологии фальсификационизма будет обращать внимание на «факты» опровержения тех или иных теорий. Его излюбленные примеры – опровержение Эйнштейном теории Ньютона, опровержение Максвеллом теории Вебера – Неймана и т.п.

Если у конкурирующих идеальных моделей и имеются общие «факты», то им придается неодинаковое значение. Как же нам обнаружить несоответствие идеальной модели фактам? Ведь факты отбираются самой моделью! В чем же состоит метакритерий выбора?

Ответ на поставленный вопрос зависит от исследовательской позиции методолога по отношению к изучению истории научного познания.

Научное знание – это «система с рефлексией» (Кузнецова, 1974; Розов, 1977), то есть система, включающая в себя собственное осознание. В любой наунчой работе мы без труда выделим как набор фактических действий исследователя, так и его рефлексию по поводу проделанного. Последняя включает формулировка задач и целей работы, обсуждение ее методов, выделение этапов исследования, оценку результатов и т.д. Рефлексия – необходимый компонент исследовательской деятельности.

Описание научного знания возможно с двух исследовательских позиций (Кузнецова, 1974). Первая из них может быть условно охарактеризована как «внешняя». Она предполагает выход исследователя за пределы самосознания системы знания. В этом случае исследователь не стремится к оптимизации процессов функционирования и развития системы. В этих процессах он участия не принимает.

Втора я позиция – «внутренняя». Исследователь остается как бы внутри системы и занят осознанием процесса ее функционирования. В его задачи входит разработка алгоритмов действия, оптимизации развития системы. Занятия наукой в разные времена означали разное. Занятия Пифагора, например, были не решением «проблем», а скорее формой «свободного умственного развития», средством «мистического проживания гармонии мира». Но если исследователь связан с рефлексией современной ему науки, то он должен различать это «разное». С его точки зрения, во все времена решались «проблемы», проводились «обобщения», шло «экспериментирование».

Обе исследовательские позиции – и та, которая связана с рефлексией современной науки, и та, которая предполагает выход за ее пределы, – правомерны. Выбор той или иной из них зависит от задач исследователя.

Одна из основных задач данного исследования – построение теоретической модели, способной указать **пути** разрешения ситуаций выбора, сложившихся в **современной** физике (Нугаев, 1985, 1988). Поэтому история науки – не цель, а скорее средство построения идеальной модели. С самого начала автор подходит к истории науки как «внутренний наблюдатель», «включенный» в реальный процесс современного научного исследования. Перефразируя известное высказывание Мишеля Фуко, мы можем сказать, что для нас история – «не монумент, а аргумент». Это – лаборатория, полигон, испытательный стенд, где «испытываются на прочность» достаточно хрупкие методологические конструкции. К истории науки мы обращаемся именно для того, чтобы проверить эффективность задаваемых идеальной моделью норм. И если идеальная модель была осознана историческими агентами, то необходимо показать, что успешность их действий именно этим и объясняется. Если же модель применялась неосознанно, надо показать, что, если бы ее применяли осознанно, успех был бы достигнут быстрее. Для анализа той или иной разрешенной к настоящему времени проблемной ситуации мы обращаемся не столько для ответа на вопрос: «как было на самом деле», сколько для выяснения того, как бы мы повели себя, оказавшись в определенной ситуации и обладая сегодняшними средствами разрешения ситуаций выбора. Мы как бы мысленно переносимся на «машине времени» в интересующую нас эпоху для того, чтобы проверить эффективность изготовленных инструментов.

Тем не менее, мы не склонны противопоставлять то «как было на самом деле» тому, что «должно было быть». И дескриптивная функция, и нормативная – это различные функции одной и той же реалистской методологии научного познания. Успехи в изучении науки с «внутренней» точки зрения неизбежно сказывются и на «внешней». Чем лучше мы понимаем закономерности функционирования современного научного знания, тем лучше можем разобраться в прошлом науки. «Ключ к анатомии обезьяны лежит в анатомии человека» (К. Маркс).

Все три аргумента, направленные Морисом Финокьяро против нормативной методологии, основаны на противопоставлении «логико-теоретических» и «логико-исторических» описаний, описаний в головах исторических агентов и в головах философов науки. И все эти аргументы были бы справедливы, если бы все эти описания были бы дополнительными, «однопорядковыми» точками зрения разных людей на некоторые события, как, судя по всему, полагает М. Финокьяро. Но с нашей точки зрения, эти типы описаний относятся не к разным сторонам объекта, а к разным **уровням** «погружения» в его «сущность». «Дескриптивное» описание относится к эмпирическому уровню, а «нормативное», теоретическое описание – к уровню теоретическому. Эти уровни неразрывно связаны: теоретическое описание «просвечивает» через дескриптивное. Законы методологии науки – это законы-тенденции, аналогичные законам исторического материализма. Они существуют в деятельности, как «сущность» действий отдельных исследователей. Дальнейшее исследование соотношения дескриптивной и нормативной функций методологии – сама по себе интереснейшая задача. Но ее более корректные постановка и решение выходят за рамки данной работы.

«Научная теория познания, таким образом, необходимо должна сопоставляться с эмпирией познания. Но подобно любой научной теории, она не просто пассивно воспроизводит, описывает эту эмпирию, а пытается выявить сущность изучаемого процесса. Для гносеологии это означает выделение таких познавательных эталонов, норм, которые выражают глубинные характеристики процесса познания и могут непосредственно не совпадать с тем, как в определенных случаях эти нормы понимаются в обыденном познании или же в том или ином отдельном научном исследовании... Вместе с тем научная гносеология, как и любая научная дисциплина, строит определенную идеализированную модель изучаемого процесса, а затем постепенно уточняет и конкретизирует эту модель, сопоставляя с эмпирией познания...» (Лекторский, 1980, с.297 – 298).

Итак, если у нас имеется несколько разных моделей смены, мы должны для выбора одной из них поступать следующим образом. Прежде всего, необходимо учитывать, что мы хотим выбрать ту из них, которая способна разрешить ситуацию выбора более эффективно. Но в свете уже рассмотренного, наиболее эффективной моделью является та, которая наиболее адекватна действительному процессу научного познания. При этом под адекватностью понимается не способность модели пассивно копировать все, в том числе и несущественные, детали познания, а способность отражать его **существенные** стороны. И критерием того, что в данной идеальной модели мы эти стороны «схватили», является наша способность не только объяснить уже известные факты, но и способность на ее основе предсказывать новые (Вихалемм, 1977).

Поэтому при сравнении конкурирующих идеальных моделей необходимо сначала рассмотреть определенный исторический период, на протяжении которого имел место какой-либо процесс смены. К анализу этого процесса необходимо применить рассматриваемые модели и сравнить между собой определяемые ими теоретические реконструкции. Из различных реконструкций (а следовательно, из различных моделей) надо выбрать ту, согласно которой большая часть историко-научных данных может быть понята с единой точки зрения и большее число собственных суждений ученых относительно данного периода оказывается справедливым. Точнее после этой процедуры методологическая модель может быть применена к анализу ситуации выбора, существующей в современном естествознании.

Итак, ни один из предложенных вариантов разрешения ситуации выбора не способен разрешить ни ситуацию выбора, имевшую место в прошлом, ни нынешнюю ситуацию выбора. Мы полагаем, что причина этой неэффективности – не в том, что подобного варианта вообще не существует, а в том, что **лежащие в основе рассмотренных вариантов модели возникновения ситуаций выбора неадекватны реальному процессу научного познания.** Проблема выбора теории не получила до сих пор удовлетворительного решения не потому, что она в принципе неразрешима, а потому, что она неправильно поставлена. Известные варианты разрешения ситуации выбора разработаны для ситуаций, которых никогда не было и не будет.

**Заключение к § 5 гл. I.** В чем состоит причина неэффективности рассмотренных концепций? – Допустимы два ответа: (1) искомый вариант не существует (дескриптивизм); (2) этот вариант еще не найден (нормативный подход). Диалектико-материалистическая методология науки с необходимость нормативна. Идеальная модель адекватна процессу познания, если она отражает его существенные стороны. Критерием того, что мы эти стороны «схватили», является способность не только объяснить уже известные факты, но и предсказывать новые.

# Заключение к главе первой

***Предложенные модели смены фундаментальных теорий неадекватны реальному процессу научного познания. Надо строить новую, лучшую модель смены.***

ГЛАВА ВТОРАЯ

**НОРМАТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СМЕНЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ**

**(как одна теория *должна* сменять другую)**

Исследование процессов становления научных теорий на основе анализа реального исторического материала – оригинальных научных текстов – интенсивно проводившееся как советскими (А.В. Ахутин, П.П. Гайденко, В.П. Визгин, И.В. Кузнецов, А.А. Печенкин, В.С. Степин и др.), так и зарубежными исследователями (Т. Кун, И. Лакатош, Н. Хансон, Д. Холтон, и др.), выявило, что традиционная гипотетико-дедуктивная схема развития научного знания является лишь первым приближением. В реальном развертывании научных знаний наряду с движением в математическом формализме и формально-логическими операциями с терминами и высказываниями теории не менее важную роль играют мысленные эксперименты с абстрактными объектами теории. Так, например, выражение для малых колебаний в рамках ньютоновской механики нельзя получить из основных уравнений движения, если использовать только средства математического формализма. Необходим целый ряд допущений – нужно конкретизировать вид силы, установить систему отсчета и т.д. (Степин, 1976 – см. §2 данной работы). Уже пример классической механики показывает, что при развертывании этой теории новые признаки исходных теоретических объектов, полученные в результате рассмотрения связей между исходными объектами, превращаются в самостоятельные теоретические объекты, в системы таких объектов. Поэтому абстрактные объекты одной и той же фундаментальной теории принадлежат разнвм подмножествам. Более тщательное рассмотрение процесса развертывания фундаментальной научной теории с необходимостью требует предварительного рассмотрения ее структуры.

**§ 1. Структура развитой научной теории**

Абстрактные теоретические объекты из множества всех абстрактных теоретических объектов всякой развитой физической теории принадлежат либо к подмножеству **базисных** теоретических объектов, либо к подмножеству **производных** теоретических объектов. (Содержание данного параграфа является сжатым изложением с.21 – 56 первой главы книги В.С. Степина (1976)). Базисные абстрактные объекты (далее – просто базисные объекты) – это такие теоретические объекты, отношения между которыми описываются основными законами данной теории. Производные теоретические объекты, отношения между которыми описываются следствиями из основных законов, то есть они тем самым производны, зависимы от базисных теоретических объектов.

Например, базисными объектами максвелловской электродинамики являются теоретические объекты «электрическое поле в точке», «электрический ток в точке», «магнитное поле в точке». Свойства этих объектов выражены в уравнениях Максвелла в форме величин: *Е –* «вектор электрической напряженности в точке», *Н* – «вектор магнитной напряженности в точке», *J* – «вектор плотности тока в точке». Связи этих векторов в уравнениях Максвелла выражают отношения между базисными теоретическими объектами максвелловской электродинамики.

Базисными объектами ньютоновской механики являются теоретические объекты «материальная точка», «сила», «инерциальная система отсчета». Отношения между этими теоретическими объектами описываются законами Ньютона. Производными объектами ньютоновской механики являются теоретические объекты «абсолютно твердое тело», «центрально-симметричное поле», «механический осциллятор» и др. Отношения между производными объектами ньютоновской механики описываются следствиями из законов Ньютона – частными теоретическими законами вращения твердого тела, движения в центрально-симметричном поле, малых колебаний и т.д.

Базисные теоретические объекты образуют **базис** данной теории. Это означает, что всякий производный объект может быть введен в теорию только в результате его **конструирования** из базисных по особым правилам. Базисные обекты являются конструктивно-независимыми, то есть ни один из них не может быть сконструирован из остальных.

Например, производный объект ньютоновской механики – механический осциллятор – конструируется из базисных теоретических объектов ньютоновской механики следующим образом. Предполагается, что сила, меняющая состояние движения материальной точки, есть квазиупругая сила, которая стремится возвратить точку к положению равновесия. Выбирается система отсчета, в которой движение материальной точки предстает как ее периодическое отклонение и возвращение к положению равновесия. В результате конструируется производный теоретический объект – механический осциллятор, который служит основанием для вывода уравнения малых колебаний. Исходя из особенностей малых колебаний, в уравнение *Fx=md2x/dt2* подставляют выражение для квазиупругой *Fx= –kx,* где *x –* отклонение точки от положения равновесия, а *k –* коэффициент пропорциональности, соответствующий квазиупругой силе. В результате на основе уравнения, выражающего второй закон Ньютона, получают выражение для закона малых колебаний.

Множество базисных объектов развитой физической теории образуют базис, то есть определенную **подсистему** теоретических объектов. Все базисные теоретические объекты представляют собой идеализации и не могут существовать в качестве реальных материальных объектов. Так, материальная точка определяется как тело, лишенное размеров. Предполагается, что «инерциальная система отсчета» может быть полностью изолирована от внешних воздействий, хотя в реальности таких тел, которые могли бы быть изолированы от каких бы то ни было воздействий, не существует. Но все базисные объекты теории можно сопоставить с некоторыми фрагментами природы. «Материальные точки» можно сопоставлять с телами, размерами которых при решении определенных задач можно пренебречь. «Силу» можно сопоставить с определенным взаимодействием тел, которых приводит к изменению состояний их движения. Из-за связи базисных теоретических объектов с реальностью высказывания теории, сформулированные относительно этих объектов, являются описанием объективных процессов природы. Поэтому сама подсистема базисных объектов является **идеализированной моделью** описываемой данной теорией области реальности.

Например, корреляции базисных объектов классической механики образуют идеальную модель механического движения. Эта модель представляет механические процессы как перемещения материальной точки по континууму точек пространства инерциальной системы отсчета с течением времени. Изменение состояния движения материальной точки определяется действием силы.

Уравнения, описывающие отношения между базисными теоретическими объектами, являются объективными законами природы. Соответственно, частные законы теории описывающие отношения между производными объектами, относятся к конкретным моделям данной области реальности. Поэтому все производные объекты развитой физической теории также организованы в подсистемы. В силу того, что высказывания теории не должны противоречить друг другу, подсистемы производных объектов должны быть целостными системами. Каждый вновь вводимый объект, вступая в отношения с уже построенными производными объектами, обязан *согласовываться*  с ними. Это означает, что его введение не должно приводить к появлению у других производных теоретических объектов таких новых свойств, которые были бы несовместимы с ранее заданными признаками.

Подсистемы производных объектов подчинены базису, но по отношению друг к другу являются независимыми, поскольку отражают различные фрагменты одной и той же области реальности. Каждая такая подсистема характеризуется своей совокупностью высказываний и понятий, образующих особый раздел теории. Так, в механике существует несколько независимых разделов: механики малых колебаний точки, вращения твердого тела, соударения упругих тел, движения в поле центральных сил и т.д. Каждый из этих разделов характеризуется своей подсистемой производных теоретических объектов. Каждая такая подсистема является моделью определенной конкретной разновидности механического движения (модель малых колебаний, вращения твердого тела и др.). Отношения между элементами этих подсистем описываются частными законами ньютоновской механики.

Отношения подсистемы базисных объектов и подсистемы производных объектов могут быть охарактеризованы следующим образом. Всякая подсистема производных объектов получается из базиса за счет процесса **редукции.** Это означает, что каждая физическая теория развивается не только за счет применения формально-логических и математических средств, но и за счет **мысленных экспериментов** с абстрактными теоретическими объектами. Редукция осуществляется при помощи учета специфики эмпирически данной реальности, которая рассматривается «сквозь призму» идеальной модели, образованной корреляциями базисных теоретических объектов. Исходя из особенностей каждой конкретной ситуации, на систему базисных теоретических объектов накладываются ограничения. Это позволяет конкретизировать ее и трансформировать в подсистему производных теоретических объектов. После этого к подсистеме производных объектов применяются фундаментальные уравнения теории. Соответственно специфике подсистемы производных объектов они преобразуются в выражения для частных теоретических законов. Неформальный характер этих процедур превращает выводкаждого очередного следствия из основных законов в решение нетривиальной теоретической задачи. Решения части таких задач включается в состав теории в процессе ее генезиса. Эти решения выполняют функции образцов для последующей деятельности теоретика, занятого приложением теории к различным случаям реальных взаимодействий. Отдельные задачи решаются в соответствии с первичными образцами.

В механике к образцовым примерам относятся «выводы» из законов Ньютона закона малых колебаний, закона движения тела в поле центральных сил, законов вращения твердого тела и т.д. В классической электродинамике образцовые примеры – это выводы из уравнений Максвелла законов Био-Савара, кулона, Ампера, Фарадея и др.

Конструирование производных теоретических объектов из базисных обеспечивает переход от более фундаментальных общих характеристик исследуемой реальности к описанию конкретных видов взаимодействий. Это позволяет сопоставлять теоретические знания с эмпирическим материалом, объяснять результаты реальных экспериментов. Для этого из частного закона, описывающего отношения между производными объектами, выводится промежуточное соотношение – эмпирическая формула. В эту формулу вводятся особые конструкты, которые, в отличие от абстрактных объектов, уже не являются идеализациями и могут быть сопоставлены с реальными объектами. Эти конструкты принято называть **эмпирическими объектами,** а их систему – особое представление эмпирических ситуаций – **эмпирической схемой.** Эмпирические объекты не тождественны реальным предметам опыта. Каждый элемент эмпирической схемы сопоставляется не одному единственному объекту, с которым оперирует в эксперименте исследователь, а **классу** таких объектов. Следовательно, эмпирическая схема соответствует не каждой данной в конкретном эксперименте ситуации, а **типу** таких ситуаций. 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.

**Примечание.** Мы ввели понятия «базис», «базисный объект», «производный объект», «конструктивная независимость» для того, чтобы обобщить введенные В.С. Степиным понятия «элемент фундаментальной теоретической схемы», «элемент частной теоретической схемы» и т.д. на те научные теории, в которых идеальные модели не являются обобщением экспериментальных ситуаций. Всякий элемент фундаментальной теоретической схемы является в то же самой время элементом базиса фундаментальной теории, но обратное неверно. То же относится и к взаимоотношению элементов частных теоретических схем и систем производных теоретических объектов.

**Заключение к § 1 гл. 2.** Входящие в физическую (научную) теорию абстрактные теоретические объекты организованы как сложная система, включающая подсистемы, связанные между собой по принципу уровневой иерархии. Подсистемы низших уровней – подсистемы производных и эмпирических объектов – подчинены подсистеме базисных объектов высшего уровня.

**§ 2. Как *должно* возникать противоречие встречи**

Завершение построения всякой развитой научной теории Т1 (т.е. вывод ее фундаментальных законов) неизбежно ставит вопрос об отношении системы ее базисных объектов {Бi1} к системе базисных объектов {Бj2} другой развитой теории Т2 (*i, j=*1 …, *k*, … *l*, …, *m,*…). Являются ли базисные теоретические объекты Бк1 и Б*l*2 конструктивно-независимыми? Образует ли множество, созданное объединением базисов теорий Т1 и Т2, новый базис? Не является ли одна и та же система теоретических объектов одной теории (например, теории Т2) и подсистемой производных объектов другой теории (например, теории Т1)?

Невозможно ответить на эти вопросы без учета следующих особенностей конструирования производных теоретических объектов (Степин, 1976).

(1) Правила конструирования производных объектов из базисных не являются четко и ясно сформулированными алгоритмами исследовательской деятельности. Они лишь неявно определяются образцами решения теоретических задач, включенных в состав теории в процессе ее генезиса.

(2) Применение этих правил для редукции базиса к подсистеме производных объектов предполагает учет специфики эмпирической реальности. Специфика эмпирической реальности изменяется от одной области исследования к другой.

(3) Для разных научных теорий правила конструирования одних теоретических объектов из других отличаются друг от друга, поскольку определяются разными образцами.

Учет особенностей (1) – (3) показывает, насколько сложной является задача прямого установления подчиненности базиса одной теории базису другой. Поэтому в обычной исследовательской практике неявно предполагается, что множество, состоящее из всех базисных объектов обеих теорий Т1 и Т2, образует новый базис.

Это не исключает, конечно, тех случаев, когда некоторые ученые с самого момента завершения одной фундаментальной теории пытаются дать ей обоснование за счет подчинения другой теории. Наглядный пример – попытки Максвелла и Больцмана обосновать теорию электромагнитного поля за счет построения механических моделей эфира. Однако необходимость этих попыток обусловливалась натурфилософскими воззрениями ученых: они онтологизировали базисные объекты какой-либо одной теории и придавали им статус объектов картины мира. При этом считается само собой разумеющимся, что только абстрактные объекты картины мира представляют собой реальность как таковую. Все научные теории являются, с этой точки зрения, истинными лишь в той мере, в какой они согласуются с определенной картиной мира. Но существенного вклада в процесс объяснения и предсказания эмпирических данных подобные попытки не дают.

Реальная необходимость анализа взаимоотношений базисов теорий Т­1 и Т2 возникает в науке только тогда, когда для объяснения результатов определенных экспериментов и наблюдений оказывается необходимым использовать обе теории. (Мы говорим о двух теориях для простоты – на самом деле часто используются три и даже более; но эти случаи все же сводятся к самому простому – использованию двух теорий).

Предполагается, что объединение базисов Б1 и Б2 образует базис. Поэтому экспериментальные данные могут описываться системой объектов, которые сконструированы из базисных объектов обеих теорий. Такие производные теоретические объекты мы будем называть, используя термин В.П. Бранского, **гибридными.**

Гибридные объекты сконструированы из базисных объектов теории Т1. Поэтому система гибридных объектов будет подсистемой производных объектов теории Т1. С другой стороны, гибридные объекты сконструированы также и из базиса Т­2. Поэтому система гибридных объектов будет подсистемой производных объектов теории Т2.

Следовательно, отношения между гибридными объектами будут описываться как частными законами Т1, так и частными законами Т2. Областей реальности, для описания которых необходимо использование сразу двух теорий, может оказаться несколько. Поэтому может быть создано и несколько систем гибридных теоретических объектов. Процесс совместного использование теорий Т1 и Т2 для решения различных задач мы будем называть, следуя М.И. Подгорецкому и Я.А. Смородинскому, **«встречей»** этих теорий, а сами теории – «встретившимися». Совокупность высказываний, описывающих связи и отношения между гибридными объектами, мы будем называть «гибридной теорией».

Например, завершение построения классической электродинамики поставило вопрос об отношении системы и ее базисных объектов к базису классической механики. Задачи теоретического описания спектра излучения абсолютно черного тела, процесса излучения электромагнитной энергии, построения теоретической модели атома потребовали для своего решения привлечения как механики, так и электродинамики.

Особенно наглядной иллюстрацией этого положения является следующая цитата из статьи Макса Планка, впервые опубликованной в 1906 году.

«В настоящему время противостоят друг другу две значительные области – механика и электродинамика, или, как еще иначе говорят, физика материи и физика эфира. Первая – объединяет акустику, теплоту, химические явления; вторая – включает магнетизм, оптику и лучистую теплоту. Будет ли это подразделение окончательным? Я этого не думаю прежде всего потому, что обе области вовсе не резко отграничены друг от друга. Относится ли, например, явление лучеиспускания к механике или электродинамике? Или же – в какую область включить законы движения электронов?» (Планк, 1975, с.616).

Рассмотрим еще некоторые примеры.

(а) Для теоретического описания процесса излучения электромагнитной энергии Г.А. Лоренцем была построена модель электродинамического осциллятора. Электродинамический осциллятор – это точечный заряд (электрон), совершающий периодические движения около положения равновесия. Модель лоренцевского осциллятора является системой гибридных теоретических объектов. Эта система является подсистемой производных объектов классической механики и входит, как составная часть, в механическую модель малых колебаний. С другой стороны эта система является подсистемой классической электродинамики и входит, как составная часть, в модель осциллятора Герца.

(б) Для решения задачи теоретического описания спектра излучения черного тела Рэлеем была исследована система стоячих волн в замкнутой полости. Рассмотрение системы механических осцилляторов (конструирование гибридных теоретических объектов) позволило использовать известный закон статистической механики (теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы). Так была найдена зависимость плотности чернотельного излучения от частоты и температуры (закон Рэлея-Джинса). Система гибридных объектов, корреляции которых образуют модель чернотельного излучения, является подсистемой классической электродинамики (система стоячих электромагнитных волн). С другой стороны, она является подсистемой производных объектов классической механики (механическая система с бесконечным числом степеней свободы).

(в) Гипотеза строения атома, предполагавшая существование атомного ядра, была выдвинута задолго до опытов Резерфорда с альфа-частицами (Нагаокой в 1905 г.). При построении планетарной модели атома положительный заряд был определен как атомное ядро, а электроны – наделены свойством «стабильно двигаться по круговой орбите вокруг ядра» (Степин, 1976). Система гибридных объектов, корреляции которых образуют планетарную модель атома, является подсистемой классической механики и входит, как составная часть, в модель движения в центральном поле. С другой стороны, эта же система является подсистемой классической электродинамики (осциллятор Герца).

«Прочность атомов и вообще необычайное постоянство всех их свойств – с одной стороны, отсутствие при обычных условиях какого-либо излучения – с другой, свидетельствуют о том, что, несмотря на личность ускорения, нормальное движение электронов в атомах, вопреки требованиям классической механики, не сопровождается испусканием индукционных импульсов и связанным с ними «внутренним трением». Таким образом, это нормальное движение имеет консервативный характер, и, следовательно, – ­­­­по крайней мере в первом приближении – подчиняется законам классической механики» (Френкель, 1923, с. 8).

С другой стороны, «нормальное» консервативное движение электронов в атомах может сменяться движением регрессивного характера, которое сопровождается испусканием электромагнитных импульсов и внутренним трением, т.е. подчиняется – опять-таки в первом приближении – законам классической электродинамики» (Френкель, 1923, с. 8).

Отношения между гибридными объектами описываются как высказываниями теории Т1, так и высказываниями теории Т2. Гибридные объекты являются элементами подсистем как той, так и другой теории. Поэтому **операция конструирования гибридного объекта тождественна операции наделения производных объектов каждой встретившейся теории новыми свойствами.** Эти дополнительные свойства объектов одной встретившейся теории соответствуют новой совокупности их отношений, перенесенной из другой встретившейся теории.

Системы производных объектов каждой встретившейся были сконструированы до их встречи. Каждая из этих систем является обобщением соответствующих экспериментальных исследований, проводившихся независимо от исследований, относящихся к другой развитой теории. Поэтому неудивительно, что, в результате операции конструирования гибридных объектов, в одной и той же подсистеме производных объектов одной из встретившихся теорий могут оказаться объекты, обладающие *взаимоисключающими* свойствами. В рассмотренных выше примерах появление объектов с взаимоисключающими свойствами было охарактеризовано исследователями-физиками как так называемый «парадокс нестабильного атома» и «ультрафиолетовая катастрофа» (последний термин принадлежит П. Эренфесту). Рассмотрим эти парадоксы более подробно.

(а) В результате конструирования системы гибридных объектов, образующей планетарную модель атома, электрон оказался наделенным двумя свойствами: «стабильно двигаться вокруг ядра» и «быть отрицательным зарядом внутри атома». Как элемент теоретических объектов электродинамики, электрон оказался обладателем нового, дополнительного свойства, перенесенного из классической механики – «двигаться по орбите вокруг ядра». Но, как всякий ускоренный заряд, электрон обязан непрерывно излучать электромагнитную энергию. Ее потеря должна приводить к падению электрона на ядро. Поэтому свойство электрона «стабильно двигаться вокруг ядра» несовместимо со свойством «быть отрицательным зарядом внутри атома» (см. подробнее работу Френкеля, рассмотренную в § 3 данной главы). Этот парадокс, появившийся в модели Нагаоки, сохранился и в модели Резерфорда. Наличие парадокса нестабильного атома вызвало скептическое отношение большинства ученых к модели Нагаоки (Спасский, 1964).

(б) В результате конструирования системы гибридных объектов, образующей модели чернотельного излучения, свободное электромагнитное поле оказалось обладающим двумя свойствами: «быть системой стоячих электромагнитных волн» и «быть системой с бесконечным числом степеней свободы». В самом деле, с точки зрения классической механики электромагнитное поле есть поле электрических и магнитных сил, распространенных во всем пространстве, то есть некоторое непрерывное образование. Такое образование имеет бесконечное число степеней свободы в отличие от конечного числа степеней свободы, которыми обладает обычное материальное тело. Материальная точка обладает тремя степенями свободы, и ее положение в пространстве определяется тремя координатами, тогда как электромагнитное поле в каждой точке пространства определяется электромагнитными силами во всем пространстве, то есть бесконечным множеством величин.

Итак, как элемент подсистемы производных объектов электродинамики, электромагнитное излучение оказалось обладающим дополнительным свойством, перенесенным из механики – «быть механической системой с бесконечными числом степеней свободы».

Опираясь на классическую статистику, Эйнштейн, Рэлей, а затем и Джинс показали, что при любой конечной температуре энергия, сосредоточенная в электромагнитном поле, должна быть бесконечной. На каждую степень свободы при любой конечной температуре приходится одна и та же конечная, пропорциональная температуре энергия. Но бесконечность плотности чернотельного излучения несовместима со вторым началом термодинамики, обоснованным статистико-механически: из полости, заполненной излучением, можно постоянно черпать энергию и приводить в движение вечный двигатель второго рода. Поэтому свойство теплового излучения – «быть механической системой с бесконечным числом степеней свободы» – несовместимо с другим его свойством – «быть системой стоячих электромагнитных волн».

Система теоретических высказываний есть система высказываний о связях и отношениях абстрактных теоретических объектов. Поэтому существование в системе производных объектов объекта с взаимоисключающими свойствами должно приводить к появлению во встретившейся теории суждений, логически противоречащих друг другу.

Появление логически взаимоисключающих друг друга высказываний, возникающее при встрече двух разных теорий, М.И. Подгорецкий и Я.А. Смородинский (1980) назвали «*противоречием встречи*». Мы будем использовать их термин. Примерами противоречия встречи являются следующие взаимоисключающие друг друга высказывания, возникшее а планетарной теории атома и в теории излучения черного тела.

(а) «Атом стабилен» и «атом нестабилен».

(б) «Тепловое равновесие излучения с веществом существует» (теорема, вытекающая из второго начала термодинамики – Планк, 1906) и «теплового равновесия излучения с веществом не существует» (следствие закона Рэлея – Джинса). Один из современников I Сольвеевского конгресса (1911 г.) впоследствии вспоминал: «Эта аргументация, аналогичная джинсовскому анализу теплового равновесия излучения, приводила, однако, к хорошо известному парадоксальному результату, согласно которому никакое тепловое равновесие невозможно...» (Бор, 1971, с. 592).

**Заключение к § 2 гл. 2.** Конструирование «гибридных» объектов из базисов разных фундаментальных теорий, неизбежное при их встрече, приводит к появлению во встретившихся теориях суждений, противоречащих друг другу, или к так называемое «противоречию встречи».

**§ 3. Как должно разрешаться противоречие встречи**

Противоречие встречи возникает из-за конструирования гибридных теоретических объектов. Для его устранения необходимо создать теорию Т3, содержащую встретившиеся теории так, чтобы исключалась возможность конструирования производных объектов из базисов обеих теорий. Теорию Т3 мы будем называть *глобальной.*

Согласно развиваемой методологической модели, допустимы два способа создания глобальной теории (то есть разрешения противоречия встречи). Эти способы условно названы нами «редукционистским» и «синтетическим».

(Р) Применение *редукционистского способа* построения глобальной теории основывается на предположении о том, что противоречие встречи возникает из-за конструктивной независимости базисов встретившихся теорий. Эти базисные объекты относятся к разным уровням организации теоретических объектов. Область применимости одной из теорий (скажем, Т1) полностью содержится в области применимости другой теории Т2. Базис теории Т2 получает название «истинного базиса», а сама теория объявляется «*фундаментальной*» (Тиза, 1963). Теория Т1 объявляется «*феноменологической*» (Тиза, 1963).

Достоверность выводов из феноменологической теории еще должна быть обоснована конструированием ее базиса из базиса фундаментальной и доказательством того, что ее основные законы являются частными законами фундаментальной теории. После выполнения этой процедуры базис феноменологической теории занимает место подсистемы производных объектов фундаментальной теории. Соотношение между феноменологической и фундаментальной теориями эквивалентно соотношению между классической механикой и одним из ее разделов – например, механикой вращения абсолютно твердого тела. Проблемы доказательства возможности получения системы базисных объектов феноменологической теории за счет конструирования их из базисных объектов фундаментальной имеют для применения «редукционистского» способа решающее значение. Они называются «*фундаментальными проблемами*» (Тиза, 1963). С решением фундаментальных проблем и с выводом основных уравнений феноменологической теории из основных уравнений фундаментальной построении глобальной теории «редукционистским» способом завешается.

Статус фундаментальных теорий получили, вслед за ньютоновской механикой, максвелловская электродинамика, квантовая механика, квантовая теория поля, общая теория относительности. Соответственно, случаи разработки редукционистских программ в истории физики связаны с именами Ампера, Вебера, Римана, Ритца, Фоккера (дальнодействие – подчинение теории электричества механике), Лоренца, Ланжевена, Вихерта, Друде, Абрагама, Кауфмана, Ми, Вина («близкодействие» – подчинение механики электродинамике), Эйнштейна, Вейля, Картана, Уилера (единая теория поля – «сведение всей физики к геометрии» – см. Уилер, 1970).

(С) Применение **синтетического** способа построения глобальной теории основывается на предположении о том, что базисы встретившихся теорий являются конструктивно-независимыми по отношению друг к другу. Базисные объекты этих теорий относятся к одному и тому же уровню организации систем теоретических объектов. Области применимости встретившихся теорий не содержат общих частей. Противоречие встречи должно разрешаться построением такой системы глобальных объектов, из которой можно было сконструировать подсистемы всех встертившихся базисов. Основные законы встретившихся теорий должны быть выведены из основных законов глобальной теории. После доказательства возможности конструирования базисов встретившихся теорий из базиса глобальной теории базисные объекты теорий Т1 и Т2 займут место подсистем производных объектов глобальной теории.

В чем состоит отличие синтетического способа построения глобальной теории от редукционистского?

Прежде всего, реализация редукционистской программы исключает использование гибридных объектов. Они просто из такой программы выбрасываются. Синтетическая программа, напротив, исключает использование гибридных объектов лишь как производных объектов встретившихся теорий. Она рассматривает гибридные объекты как относящихся к высшему, по сравнению с базисами встретившихся теорий, уровню организации систем теоретических объектов (подробнее – в § 5 данной главы). Далее, результатом применения синтетического способа должно стать построение **новой** системы теоретических абстрактных объектов. В то время как правила конструирования всех подсистем теоретических объектов редукционистской глобальной теории определяются образцами решения задач, содержащимися в одной из встретившихся теорий, подобных правил конструирования базисных объектов синтетической глобальной теории не существует. Поэтому построение синтетической глобальной теории может осуществляться как за счет последовательного синтеза базисов встретившихся теорий на основе научной картины мира (создание максвелловской электродинамики), так и методом математической гипотезы (создание общей теории относительности – см. Дышлевый, 1965). В последнем случае построение синтетической теории начинается с поисков основных уравнений, и лишь после их нахождения начинается этап их интерпретации и эмпирического обоснования. (Именно поэтому пути построения теоретических знаний в физике 20 века столь отличны от принятых в классическую эпоху ее эволюции).

Применение описанных способов устранения противоречия встречи основывается на двух одинаково разумных, но **исключающих** друг друга предположениях. Поэтому эти способы должны реализовываться в **альтернативных** программах построения глобальной теории – двух редукционистских и одной синтетической. (В силу того, что, как показано выше, **одновременно** может быть создано **несколько** систем гибридных объектов, то возможно и одновременное существование и нескольких синтетических **подпрограмм** – например, подпрограмм Эйнштейна и Бора, сливающихся в последствии в одну общую глобальную синтетическую программу).

Каждая программа обеспечивает построение своей исторически развивающейся последовательности научных теорий на основе одного из рассмотренных выше предположений. Каждая теория последовательности представляет собой результат добавления вспомогательной гипотезы к предыдущей теории. Каждое из рассмотренных выше предположений определяет специфические, присущие только данной программе фундаментальные допущения.

Поэтому, следуя Имре Лакатошу, мы будем называть эти предположения «твердыми ядрами» научно-исследовательских программ. «Твердым ядром» синтетической программы является следующее утверждение: «базисные объекты встретившихся теорий являются конструктивно-независимыми». Диаметрально противоположное утверждение является «твердым ядром» редукционистской научно-исследовательской программы. В содержание «твердого ядра» редукционистской программы входят также утверждения о том, базисные объекты какой теории образуют «истинный» базис. Между базисными объектами фундаментальной теории и теоретическими объектами специальнонаучной картины мира имеется определенное соответствие. Поэтому содержание «твердого ядра» каждой редукционистской программы уточняется одной из двух разработанных научных картин мира. (Специальнонаучные картины мира иногда также называют картинами физической реальности).

Ни один отдельно взятый эксперимент, ни серия экспериментов неспособны однозначно указать на то, какая именно программа – редукционистская или синтетическая – может разрешить противоречие встречи. Например, неспособность редукционистской программы разрешить противоречие встречи не может быть выявлена без доказательства невозможности решения ее фундаментальных проблем. Поэтому каждое «твердое ядро» является *неопровержимым*.

В методологии научно-исследовательских программ Имре Лакатоша, описавшего процессы соревнования различных НИП, «твердым ядром» может быть любое «метафизическое утверждение», которое «неопровержимо по методологическому решению его протагонистов» (Лакатош, 1970, с.134). «Метафизическим» в современной англо-американской философии науки принято называть любое утверждение, не имеющее потенциальных фальсификаторов (см., например, Юлина, 1978). У Лакатоша «твердое ядро» неопровержимо по соглашению. В работах создателя методологии НИП отсутствуют какие-либо указания на то, как относится содержание твердого ядра к внешнему миру. Более того, сам Лакатош неоднократно отмечал свой «глубинный методологический инструментализм». «Твердое ядро любой научной программы может быть, по моему мнению, ложным и поэтому выступает лишь как мощное творческое средство увеличения нашего знания о мире» (Лакатош, 1978, с.323).

Каждая последующая теория в редукционистской или синтетической последовательностях является более совершенной реализацией программы, чем предыдущая. Пределом, к которому сходится каждая последовательность, является редукционистский или синтетический *идеал* глобальной теории. Именно последний задает *направление* развития НИП. Поэтому, кроме твердого ядра, каждая научно-исследовательская программа характеризуется также и своим идеалом.

Третьей характеристикой программы, способствующей ее успешному развитию, является так называемый «защитный пояс». Отметим, что термин «защитный пояс вспомогательных гипотез» был введен Лакатошем для того, чтобы выделить основную функцию этих гипотез – «выносить главные удары тестов и улаживать и переулаживать, или даже, полностью сменяясь, защищать утяжеленное таким образом ядро» (Лакатош, 1970, с.135). Для нашей модели этот термин не совсем удачен, поскольку «твердые ядра» редукционистских и синтетических программ неопровержимы и без защитного пояса – как основы для разрешения противоречия встречи. И все же мы сохраним введенный Лакатошем термин, руководствуясь «бритвой Оккама»: «не умножать сущностей без необходимости».

В предлагаемой модели «защитный пояс» - такое множество вспомогательных гипотез, которое обеспечивает согласование теорий из НИП с появляющимися в в процессе развития программы новыми экспериментальными данными. «Защитным поясом» редукционистской программы является совокупность утверждений, описывающих отношения между производными объектами фундаментальной теории. «Защитный пояс» синтетической программы конструируется в процессе ее развития.

Для успешного развития НИП необходимы, кроме «твердого ядра», «идеала» и «защитного пояса», также и вспомогательные гипотезы, указывающие порядок проведения исследования. Совокупность таких вспомогательных гипотез мы будем называть, следуя Лакатошу, «позитивной эвристикой» НИП. Позитивной эвристикой редукционистской программы являются правила конструирования производных теоретических объектов из базисных. Позитивной эвристикой синтетической НИП являются правила конструирования гибридных объектов и правила обобщения систем этих объектов в глобальную теоретическую схему.

Таким образом, в нашей модели можно четко отделить «твердое ядро» от «позитивной эвристики». У Лакатоша же граница между ними относительна. К позитивной эвристике относятся «более гибкие», по сравнению с принципами из твердого ядра, «метафизические принципы». Поэтому то, какие принципы считать относящимися к твердому ядру, а какие – к позитивной эвристике, определяется самим методологом. Это еще более увеличивает элемент произвола в содержании твердого ядра, поскольку Лакатош разрешает исследователям-физикам изменять содержание позитивной эвристики: «часто случается, что когда с принципами из твердого ядра, «метафизические принципы». Поэтому то, какие принципы считать относящимися к твердому ядру, а какие – к позитивной эвристике, определяется самим методологом. Это еще более увеличивает элемент произвола в содержании твердого ядра, поскольку Лакатош разрешает исследователям-физикам изменять содержание позитивной эвристики: «часто случается, что когда НИП попадает в дегенеративную фазу, маленькая революция или творческий сдвиг в позитивной эвристике может снова подтолкнуть ее вперед» (Лакатош, 1970, с. 123). Работающий в русле концепции Лакатоша методолог всегда сможет охарактеризовать произвольно заданную ему последовательность теорий как успешную программу, реконструировав соответствующим образом ее «позитивную эвристику» и «твердое ядро».

Как показал И. Лакатош, в развитии любой НИП можно выделить две основные стадии – прогрессивную и регрессивную (см. первую главу). Классическим примером программы, находящейся на прогрессивной стадии своего развития, является серия работ Бора и Зоммерфельда по созданию так называемой «старой квантовой теории» (1913 – 1916 гг.; см. Лакатош, 1970, с. 146 – 148). Эти работы можно рассматривать как синтетическую подпрограмму Бора, слившуюся затем с начатой Эйнштейном синтетической подпрограммой разрешения противоречия встречи между механикой, термодинамикой и максвелловской электродинамикой (1902 – 1905 гг.)

Позитивная эвристика (или стратегия исследования) подпрограммы Бора определилась идеей, что атомы аналогичны планетарным системам. По плану Бору, надо было сначала разработать теорию атома водорода. Его первая модель Б­­­1 основывалась на предположении о фиксированном протонном ядре с электроном на круговой орбите. В своей второй модели Бор хотел рассчитать эллиптическую орбиту с фиксированной плоскостью. Затем он намеревался устранить искусственные ограничения зафиксированных ядра и электронной орбиты. Далее, он мог учесть то обстоятельство, что электрон может вращаться не только вокруг ядра атома, но и вокруг собственной оси. Затем Бор надеялся описать структуру сложных атомов и действие на них электромагнитного поля.

По И. Лакатошу, основная проблема, стоявшая перед Бором, состояла в объяснении парадоксальной нестабильности планетарной модели атома, а отнюдь не в объяснении результатов экспериментов по измерению длин волн линейчатого спектра атомарного водорода. Во время написания своей первой статьи Бор даже и не знал о существовании серий Бальмера и Пашена (1913 г.). Следующие ниже свидетельства одного из современников Бора – известного советского физика-теоретика В.Я. Френкеля – позволяют, на наш взгляд, сделать более сильное, по сравнению с высказываниями И. Лакатоша, утверждение. А именно: основная проблема Бора состояла в разрешении противоречия встречи между механикой и электродинамикой, выявленного в планетарной модели Нагаоки – Резерфорда. Действительно, «современная теория квантов, созданная датским физиком Нильсом Бором, представляет собой новую систему динамики, которая является своего рода компромиссом между классической системой ньютоновской механики и сменившей ее в начале текущего столетия системой электродинамики Максвелла-Лоренца-Эйнштейна. Для уяснения сущности теории квантов необходимо, поэтому рассмотреть те *противоречия между классической механикой и классической электродинамикой, которые она стремится примирить* (курсив мой – **Р.Н.**)» (Френкель, 1923, с. 3). В чем проявляются эти противоречия?

Во-первых, «центральным понятием как механики, так и электродинамики является понятие энергии. Однако содержание этого понятия в обеих случаях различно» (с. 3).

Во-вторых, в классической механике силы взаимного притяжения и отталкивания, при какой угодно зависимости их величины от расстояния между соответствующими частицами, передаются от одной частицы к другой мгновенно, то есть с бесконечно большой скоростью. «Силы взаимодействия между наэлектризованными частицами (электронами) последнему условию, как известно, не удовлетворяют. Они, независимо от своего характера, передаются через пространство с конечной скоростью *с* = 300 000 километров в секунду, то есть со скоростью света в пустоте. Таким образом, сила, испытываемая какой-нибудь частицей в данный момент, зависит от положения частиц в предшествующие моменты, определяемые условиями их движения. Кроме того, наряду с электростатическими силами отталкивания и притяжения, наэлектризованные частицы действуют друг на друга с силами, зависящими от их скорости и ускорения» (с. 4).

В-третьих, «с формальной стороны», основной закон движения классической электродинамики совпадает с соответсвующим законом классической механики. Однако, «при более точном определении силы, это совпадение исчезает» (с. 5).

В-четвертых, «закон сохранения энергии, в его обычном механическом значении, в классической электродинамике не может иметь места» (с. 7).

Каков же вывод? «Таким образом, классическая механика и классическая электродинамика представляют собой лишь некоторое приближение к действительности, от которой они отклоняются в диаметрально противоположные стороны, – поскольку первая совершенно отвергает излучение и регрессивные движения, а вторая – движения консервативные. Истинная динамика атомов и вообще материальных тел должна, очевидно, являться своего рода синтезом или вернее компромиссом между ними. Необходимость подобного компромисса бвла впервые понята Бором. Новая динамика Бора, сохраняя понятие механической энергии как функции координат и скоростей электронов, не заменяет, но дополняет ее энергией электромагнитной» (с. 8).

Выполнила ли теория Бора свои задачи? – «Не вдаваясь в подробности, которые выясняется в дальнейшем изложении, заметим, что несмотря на свои грандиозные достижения, «квантная» динамика Бора имеет все же лишь качественный характер (в особенности по отношению к регрессивным движениям), представляя собой, как уже указывалось выше, некоторый компромисс между классической механикой и классической электродинамикой, а отнюдь не органический их синтез, который продолжает оставаться одной из насущнейших задач современной физики» (Френкель, 1923, с. 18).

Идеал программы Эйнштейна – Бора определялся принципом соответствия, согласно которому необходимо «использовать в наибольшей степени понятия классических теорий механики и электродинамики, несмотря на контраст между этими теориями и квантом действия» (Бор, цит. по работе Лакатоша, 1970; в дальнейшем имеются в виду основные идеи именно этой работы).

Для объяснения парадоксальной стабильности атома Резерфорда Бор построил первую модель Б1, описывающую процесс изучения простейшей системы – атома водорода. Согласно этой модели

(а) энергия (внутри атома) испускается (или поглощается) не непрерывным образом, как это принято в классической теории излучения, а только между прохождениями системами различных «стационарных состояний».

(б) Динамическое равновесие систем в стационарных состояниях управляется обычными законами механики. Эти законы нарушаются в процессе прохождения между различными состояниями.

(в) Излучение, испущенное во время перехода системы между двумя стационарными состояниями, однородно. Соотношение между частотой *w* и общим количеством излученной энергии *E* описывается формулой E = *hw*, где *h* – постоянная Планка.

(г) Различные стационарные состояния простой системы, состоящей из электрона, вращающегося вокруг положительно-заряженного ядра, определяются следующим образом. Отношение общей энергии, испущенной в процессе образования системы, к частоте вращения электрона должно быть кратным *h*. Если орбита электрона – окружность, то это предположение эквивалентно предположению о том, что момент импульса электрона равен целому кратному *h/2*π.

(д) Состояние системы, в котором излученная энергия максимальна, определяется из следующего условия. Момент импульса вращения электрона вокруг центра равен *h/2*π (Бор, 1913).

Модель Б1 стала первым этапом собственной подпрограммы Бора. Она обеспечивала эмпирически-прогрессивный сдвиг решаемых проблем по отношению к предыдущим этапам развития синтетической НИП. Она предсказала факты, которые не следовали из какой-либо предыдущей теории. А именно: кроме известных до Б1 серий Бальмера и Пашена, она предсказывала еще некоторые серии, которые вскоре были открыты – Лайманом в 1914 г., Бреккетом в 1922 г., Пфундом – в 1924 г.

Но не все новое содержание теории Б1 было подтвержедно. В наблюдательных данных по излучению атомарного водорода оказались спектральные линии, которых, согласно Б1, не должно было существовать. Это были аномальные ультрафиолетовые линии Пиккеринга – Фаулера. Пиккеринг обнаружил эти серии в спектре одной из звезд (1896 г.). После открытия первой такой ультрафиолетовой линии на Солнце Фаулер воспроизвел все серии в нейтральной полости, содержащей водород и гелий (1898). Действительно, можно было утверждать, что аномальная спектральная линия не относится к водороду. Солнце и звезды содержат, кроме водорода, много других газов, а нейтральная полость Фаулера содержала также и гелий. Первая ультрафиолетовая линия в спектре чистого водорода не наблюдалась. Но:

(1) серии Пиккеринга-Фаулера имели тот же номер сходимости, что и серии Бальмера.

(2) Фаулер предложил правдоподобное объяснение того, почему гелий не должен был производить эти серии.

И все-таки Бор не счел эти результаты опровержением своей программы. Он не поставил под сомнение ни точность экспериментов, ни достоверность наблюдений. Бор предложил новую модель Б2 – модель ионизированного гелия, с двойным протоном и одним вращающимся вокруг него электроном. Б2 предсказывала ультрафиолетовые серии в спектре ионизированного гелия, которые совпадали с серией Пиккеринга – Фаулера. Таким образом, Б2 обеспечивала эмпирически-прогрессивный сдвиг по сравнению с Б1. Но не все новое теоретическое содержание Б2 подтверждалось. Фаулер, например, признал, что его серии относились не к водороду, а к гелию. Но он же и указал на то, что длины волн в серии Фаулера значительно отличались от предсказаний Б2.

Бор и в этом случае не счел эти результаты опровержением своей программы. Он объяснил факт расхождения опыта и теории тем, что последняя – модель Б2 – слишком грубо отражала реальность. В Б2 электрон вращался вокруг фиксированного ядра. Но на самом деле он должен вращаться вокруг общего центра масс. Поэтому, согласно механике движения двух тел, вместо массы электрона мы должны подставить ее эффективное значение. Итак, Бор выдвинул третью модель Б3. И Фаулер лично вынужден был признать, что Бор оказался прав.

Следующий этап программы состоял в подсчете эллиптических орбит. Это было сделано А. Зоммерфельдом в 1915 г. – им была построена модель Б4. Однако возросшее таким образом число стабильных электронных орбит в атоме водорода не увеличивало числа возможных уровней энергии. Б4 обеспечивала лишь теоретически-прогрессивный, но не эмпирически-прогрессивный сдвиг решаемых проблем. Но у Зоммерфельда была еще одна возможность улучшить дело. Электроны вращаются вокруг ядра с очень большой скоростью. И, когда они ускоряются, их масса должна заметно изменяться в соответствии с релятивистской механикой А. Эйнштейна. Прнняв во внимание релятивистские поправки, Зоммерфельд выдвинул Б5 и «вытащил» из нее тонкую структуру спектра атома водорода.

Дублеты спектра атома водорода были открыты Майкельсоном еще в 1891 г. Сразу же после опубликования второго варианта теории Бора (Б2) Г. Мозли заметил, что не может объяснить вторую, более слабую линию, находимую в каждом спектре. Это сделала только Б5.

Когда в более поздних моделях Зоммерфельда стали предсказываться необнаружимые на опыте линии, Паули добавил к позитивной эвристике вспомогательную гипотезу – принцип запрета. Эта гипотеза также предсказывала новые, еще неоткрытые факты.

Дальнейшее развитие подпрограммы связано с «релятивистскими правилами расщепления» (Ланде, 1924 г.), с гипотезой спина (Уленбек и Гаудсмит, 1925 г.) и с работами по созданию «волновой механики» (Де Бройль, Шредингер и др.).

**Заключение к § 3 гл. 3.** Допустимы два способа устранения противоречия встречи – редукционистский и синтетический. Первый состоит в сведении одной теории к другой, второй – в их объединении на равных правах в общей теории. Оба способа начинают реализовываться в альтернативных программах. Рассмотрены отличия от методологии НИП. Развитие программы Бора описано как частичное разрешение противоречия встречи между механикой и электродинамикой.

# Заключение к главе второй

***В этой главе рассмотрен механизм возникновения и разрешения противоречия встречи. Рассмотрены только самые существенные особенности процесса познания, приводящие к смене фундаментальных научных теорий.***

**ГЛАВА ТРЕТЬЯ.**

**СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ С РЕАЛЬНЫМИ ПРОБЛЕМНЫМИ СИТУАЦИЯМИ   
(как в действительности одни теории сменяются другими)**

**§ 1. Генезис проблемной ситуации**

Согласно предлагаемой модели, смена фундаментальных теорий *должна* быть закономерным этапом поисков адекватного способа разрешения противоречия встречи. Но данное описание возникновения и разрешения противоречия встречи не является простым обобщением данных истори науки, методов разрешения, *сознательно* использовавшихся классиками естествознания. Разрабатываемая модель не является эмпирической зависимостью и не обладает статусом необходимости и всеобщности. Это – идеальная методологическая модель, теоретически воспроизводящая процесс возникновения и разрешения противоречия встречи за счет рассмотрения отношений между базисными, исходными идеализациями «субъект научного познания», «предметная область», «результаты предыдущей деятельности субъекта». Процесс конструирования системы исходных абстракций, определяющей специфику данной идеальной модели, характеризуется *отвлечением* от таких свойств и отношений, которые с необходимостью присущи реальной научной деятельности. Идеальная модель «схватывает», фиксирует лишь самые существенные для процесса смены особенности. Поэтому рациональная (теоретическая) реконструкция, задаваемая нашей моделью, совпадала бы с описанием ситуации, сделанным, скажем, рядовым участником научной революции, если бы не следующие особенности.

(1) *Предметная область* («объект познания»). Описанная модель основывается на предположении, что встретившиеся теории создавались н*езависимо* друг от друга. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы их предметные области по крайней мере не пересекались, что встречается, как показывает история науки, крайне редко. Например, в наиболее детально рассмотренном нами случае встречи классических механики и электродинамики эти теории, строго говоря, независимыми не являются. Ведь сама фундаментальная теоретическая схема электродинамики, как это хорошо известно, создавалась на основе аналогии с гидродинамикой, за счет прямых заимствований понятий и математического формализма классической механики. Более того, сначала фундаментальная теоретическая схема электродинамики создавалась как частная теоретическая схема механики, и только впоследствии соответствие с гидродинамикой было низведено до уровня аналогии. Но в процессе реконструкции тех или иных периодов для решения определенных методологических задач взаимозависи-мостью встретившихся теорий можно пренебречь и рассматривать их как независимые. Поэтому предлагаемая модель описывает процесс смены теорий не точно, а лишь приближенно – с точностью до изоморфизма между абстрактными объектами встретившихся теорий.

(2) *Субъектом познания*, реализующим нормативные требования, определяемые моделью, является все научное сообщество как целое. Это – идеализация, поскольку результаты деятельности отдельных ученых, занятых решением сходных, но неодинаковых проблем, ученых, разбросанных по лабораториям и исследовательским отделам разных стран и связанных порой только почтовой корреспонденцией, могут быть теоретически воспроизведены действиями единого «эффективного» интеллекта только при рассмотрении достаточно большого временного интервала. Поэтому закономерности научной деятельности, задаваемые моделью, выполняются в действительности как *законы-тенденции*, аналогичные фундаментальным законам социологии. Следует отметить, что нормы научной деятельности, задаваемые нашей моделью, существуют не как нормы деятельности «абсолютного духа», не наряду с нормами деятельности отдельных ученых, а в них, в качестве их глубокой внутренней основы. Взаимоотношение идеальной модели и отдельных норм деятельности индивидов описывается в категориях «сущность» и «явление».

Вполне возможно, что предлагаемая модель была бы точным описанием того, какие методы в действительности используются для устранения противоречия встречи, если бы все ученые, вовлеченные в этот процесс, сознательно использовали ее в своей работе. Но этого никогда в истории науки не было.

Уже само осознание противоречия встречи – это особого рода задача, постановка и решение которой выходят за рамки узкоспециального исследования. Ведь необходимым предварительным этапом является создание гибридной теории. Для выявления противоречия встречи необходимы не реальные, а *мысленные* эксперименты с абстрактными объектами по меньшей мере двух фундаментальных теорий. Следовательно, *выявление противоречия встречи возможно только в результате особой процедуры, совершающейся не в потоке «нормального» естественнонаучного исследования, а на метатеоретическом уровне*.

Но подавляющее большинство членов научного сообщества физиков – это экспериментаторы. Противоречия, способные «привести их в движение», - это обычные противоречия между результатами экспериментов и предсказаниями теорий. (то есть аномалии).

Однако не любые аномалии могут создать проблемную ситуацию. В современной методологии науки неоднократно описаны случаи, когда определенная, считающаяся ныне классической, научная теория на протяжении достаточно длительного срока постоянно рассогласовывалась с результатами наблюдений и экспериментов. По образному выражению И. Лакатоша, исследовательская программа часто развивается в «океане аномалий». Даже изучение развития самой успешной из когда-либо разрабатывавшихся программ – ньютоновской механики – показывает, что и она постоянно сталкивалась с аномалиями. К примеру, аномальное поведение перигелия планеты Меркурий было известно за 80 лет до создания общей теории относительности. Несмотря на это, подавляющее большинство астрономов не воспринимало эти наблюдательные данные как опровержение ньютоновской теории гравитации. Тем более никому и в голову не приходило рассматривать эти достаточно специальные результаты как опровержение ньютоновской механики (подробное см. Визгин, 1981; Роузвер, 1985). В общем случае реакция научного сообщества на аномалии достаточно описывается следующей притчей (Лакатош, 1970).

Вообразим себе некоего физика доэйнштейновских времен, который занимается расчетами траектории недавно открытой малой планеты П. Физик, к счастью, знаком с законами ньютоновской механики и с законом тяготения. В его распоряжении – начальные условия, полученные наблюдением планеты в определенный момент времени. Но дальнейшие наблюдения планеты показывают, что ее действительный путь сильно отличаетсяот вычисленной траектории. Полагает ли наш физик, что отклонение запрещено теорией Ньютона, и что оно опровергает ньютоновскую теорию тяготения?

– Конечно, нет. Он, недолго думая, выдвигает гипотезу: существует некая, пока неизвестная планета П΄, возмущающая путь планеты П. Физик подсчитывает массу, траекторию и т.д. планеты П΄ и просит астронома-наблюдателя проверить гипотезу. Последний объясняет, что П΄ настолько мала, что даже в самые большие из имеющихся телескопов ее разглядеть невозможно. Наблюдатель обращается в президиум Академии Наук за помощью. Он просит построить новый, еще больший телескоп. Уже через три года президиум выносит постановление, а через 12 лет новый телескоп готов. Если бы неизвестная планета П΄ была обнаружена, то факт ее наблюдения провозгласил бы новой победой ньютоновской механики. Но планеты нет. Отбрасывает ли наш ученый ньютоновскою механику вместе с идеей возмущающей планеты?

– Нет. Взамен он предлагает еще одну, также весьма оригинальную гипотезу, согласно которой планету скрывает от нас облако космической пыли. Пытливый исследователь рассчитывает положение и свойства этого облака и обращается в президиум Академии Наук за поддержкой. Он просит, чтобы для проверки его вычислений послали спутник. Уже через четыре года президиум выносит постановление, а через несколько (десятков?) лет спутник запущен. Если бы приборы, установленные на спутнике (и основанные на новой, недостаточно проверенной теории), обнаружили облако, этот результат был бы охарактеризован в газетах как выдающаяся победа ньютоновской механики. Но облако не найдено. Отвергает ли теперь наш физик теорию Ньютона вместе с гипотезами возмущающейся планеты и тщательно скрывающего ее облака?

– Опять нет. Его ученик (профессор скончался несколько лет назад) предлагает также очень интересную гипотезу: инструменты спутника в исследуемом уголке Вселенной возмущаются магнитным полем. Запущен новый спутник. Если бы магнитное поле было обнаружено, ньютоновская физика отпраздновала бы замечательную победу. Но – увы. Считается ли факт отсутствия магнитного поля в данном, богом забытом уголке Вселенной опровержением ньютоновской физики?

– Нет. Учеником ученика, в лучших традициях фундаментальной науки, выдвигается другая исключительно интересная гипотеза, или (а чаще – и) вся история оказывается погребенной в пыльных томах «Докладов», «Журналов...», «Писем в...», «Трудов...», «Ученых записок..», ...

**Заключение к § 1 гл. 3.** Рассмотрены базисные идеализации методологической (эпистемологической) модели. Приведен наиболее выразительный пример, показывающий как в действительной истории науки возникают проблемные ситуации.

**§ 2. Какие именно аномалии образуют проблемную ситуацию?**

Не всякая аномалия способна создать проблемную ситуацию. Иначе наука никогда не ушла бы дальше описания и объяснения двух-трех и без нее хорошо известных явлений. Какие же именно аномалии образуют проблемную ситуацию? Обнаружение каких аномалий указывает на возможную рассогласованность выводов одной теории с выводами другой?

Для ответа на этот вопрос надо исследовать связь процесса появления аномалий с процессом возникновения противоречия встречи. Иными словами, надо выяснить то, как *отражается* возникновение противоречия встречи на процессе (не)совпадения предсказаний встретившихся теорий с экспериментом.

Вообще, для сопоставления выводов из теории с данными экспериментов в структуре научной теории должны быть заданы так называемые «правила соответствия» (см., например, Смирнов, 1964; Рузавин, 1978). В частности, система теоретических абстрактных объектов преобразуется в эмпирическую схему. В отличие от теоретических объектов, конструкты эмпирической схемы – не идеализации. Они могут быть сопоставлены с реальными объектами, взаимодействующими в опыте. (Часть данного параграфа – до гибридной теории – рассматривающая взаимоотношения эмпирических и теоретических схем, является сжатым изложением с. 79 – 97 книги В.С. Степина, 1976).

Пусть, например, нам надо (по формуле Био-Савара, выражающей закон магнитного действия тока) рассчитать угол отклонения магнитной стрелки, находящейся вблизи провода с проходящими по нему током определенной силы. Смысл формулы, выражающей закон Био-Савара, связан с корреляциями абстрактных теоретических объектов – «дифференциально малого тока» и «магнитного поля, порождаемого током». Поэтому эту формулу нельзя сразу применять для расчетов в эмпирической области. Необходимо сначала истолковать соответствующие величины закона как соотносимые с конкретной экспериментальной ситуацией. Для этого из закона Био-Савара выводится промежуточное следствие – эмпирическая формула. В эту формулу введены новые величины, характеризующие отклонения 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 эмпирическую зависимость, полученную в реальном опыте.

Элементы эмпирических схем, хотя и сопоставляются с реальными предметами, тем не менее не тождественны последним. Так, реальная магнитная стрелка и провод с током обладают множеством признаков, но в рамках эмпирической схемы они представлены только по признаку «быть ориентированной магнитным полем» и, соответственно, «проводить ток определенной силы» и «иметь определенную конфигурацию». Каждый элемент эмпирической схемы сопоставляется не с одним единственным объектом, с которым имеет дело экспериментатор, а с *классом* таких объектов. Эмпирическая схема соответствует не каждой данной реальной экспериментальной ситуации, а *типу* таких ситуаций. Например, эмпирическая схема опыта с магнитной стрелкой и проводом относится к любому опыту с любым током в прямолинейном проводе и с любой магнитной стрелкой.

Эмпирическую схему можно получить не только при выводе эмпирической зависимости из теоретического закона, но и в результате статистической обработки данных наблюдений. В процессе такой обработки все объекты, взаимодействующие в реальном экспери-  
менте – и испытуемый образец, и приборные подсистемы – оказываются определенными только по статистически инвариантным признакам, то есть только по признакам, проявляющимся при большом количество наблюдений. Каждая эмпирическая схема изображает типические черты той или иной экспериментальной ситуации.

Соответственно, каждая подсистема производных *теоретических* объектов может быть сопоставлена с определенным классом эмпирических схем. Например, система производных объектов, отношения между которыми описываются законом Био-Савара, может быть сопоставлена с эмпирическим схемами экспериментов с любыми формами проводников и с любыми формами магнитов. Поэтому *система производных теоретических объектов является инвариантным содержанием эмпирических схем*. Термин «инвариантное содержание» не должен восприниматься как указание на индуктивный способ получения теоретических законов, поскольку для того, чтобы получить теоретический инвариант, нужно заранее знать, что та или иная группа эмпирических схем образует класс. Этот класс легко установить при редукции системы производных теоретических объектов к эмпирическим схемам. Но при сравнении одной эмпирической схемы с другой вовсе не очевидно, что они имеют общее содержание. Эта общность задается системой базисных теоретических объектов и правилами конструирования систем производных объектов из базиса. Поэтому корреляции абстрактных производных теоретических объектов – особый идеализированный эксперимент, выражающий наиболее общие и существенные черты реальной экспериментальной практики.

Система гибридных объектов является как подсистемой теоретических объектов одной, так и подсистемой теоретических объектов другой встретившейся теории. Следовательно, *возникновение противоречивых суждений в гибридной теории тождественно возникновению противоречивых суждений в каждой из встретившихся теорий.* А это, в свою очередь, тождественно установлению новых, несовместимых со старыми отношений между производными объектами каждой встретившейся теории. Но, как отмечалось выше, всякая система производных объектов является инвариантным содержанием определенного класса эмпирических схем. Поэтому наличие противоречия встречи приводит не только к противоречию между высказываниями гибридной теории и результатами какого-нибудь одного эксперимента, но к противоречию с результатами целого класса экспериментов.

Например, наличие противоречия встречи между механикой и электродинамикой в гибридной теории – планетарной теории атома – тождественно установлению у теоретических объектов электродинамики новых, несовместимых со старыми отношений. Установление этих отношений приводит к следующему. Гибридная теория противоречит экспериментам не только с одним типом атомов, например, с щелочными металлами, но и экспериментами со всеми элементами таблицы Менделеева. Согласно предсказаниям планетарной теории, все атомы должны быть нестабильными.

Наличие противоречия встречи в теории излучения черного тела приводит к противоречию гибридной теории не только с результатами измерений. Луммера и Принсгейма или Рубенса и Курльбаума. Бесконечность плотности энергии чернотельного излучения приводила к тому, что «все тела непрерывно излучали бы электромагнитные волны, и не только наружу, но и внутрь себя, до тех пор, пока вся энергия тела не превратилась бы в энергию электромагнитного поля и температура не понизилась бы до абсолютного нуля» (Ландау, 1958, с.81).

Противоречие встречи выражается («является») не в простом несовпадении предсказаний гибридной теории с результатами наблюдений и экспериментов. Никогда еще ни одна научная теория не устраняла всех своих аномалий. Проблемная ситуация, создаваемая противоречием встречи, характеризуется такими аномалиями, которые находятся **за пределами несовпадения теоретических предсказаний с результатами экспериментов, обычных для данной теории.** Именно на эти, «аномальные» аномалии прежде всего обращается внимание исследователей, и наступает период «кризиса», детально описанный Т. Куном на основе обобщения большого историко-научного материала. Этот материал включает переходы от геоцентрической астрономии к гелиоцентрической («состояние птолемеевской астрономии до появления коперниканства была скандальным» – Кун, 1957, с. 138 – 140, 270 – 271), от физики Аристотеля к классической механике («достижения Галилея и Ньютона в исследовании движения были сначала направлены на трудности, вскрытые в античной и средневековой астрономиях» – Кун, 1957, с. 237 – 260). Он также включает переходы от корпускулярной теории света к волновой, созданной в атмосфере «растущей озабоченности дифракционными и поляризационными аномалиями теории Ньютона»– Кун, 1958; 1977, с. 206 – 207), флогистонной химии к кислородной («новая химия Лавуазье родилась после наблюдения аномальных весовых соотношений» – Кун, 1977, с. 206 – 207). К этому же материалу относятся переходы от классической механики к специальной теории относительности (Кун, 1980 – см. подробнее четвертую главу данной работы), от классической физики – к квантовой (возникшей из «многочисленных трудностей, окружавших чернотельное излучение, удельные теплоемкости и фотоэффект» – Кун, 1977, с. 208; 1979). Кризис начинается с того, что среди аномалий появляются такие, которые «или из-за того, что они особенно ярки, или из-за того, что они многократно повторяются в разных лабораториях, уже не могут игнорироваться. Несмотря на то, что они пока остаются необъясненными, они воздействуют с постоянно растущей силой на сознание научного сообщества. Сначала сообщения о необъясненных наблюдениях все чаще и чаще появляются на страницах лабораторных журналов или в качестве примечаний к публикациям. Далее все большее число исследований начинает посвящаться самой аномалии. Исследователи, намеревающиеся ее объяснить, начинают все больше расходиться друг с другом в значениях понятий и теорий, которыми они так долго, беззаботно и однозначно пользовались. Некоторые из них начинают критически анализировать гигантскую машину убеждений, которая привела сообщество к его нынешнему состоянию» (Кун, 1977, с. 262).

На наш взгляд, в своих работах Т. Кун совершенно справедливо подчеркивает необходимость кризиса как предварительного этапа для смены парадигм. Предлагаемая нами модель позволяет не только теоретически воспроизвести эту необходимость, но также и объяснить некоторые примеры, приведенные им в статье «Функция мысленных экспериментов» (1977). Так, описывая переход «Аристотель-Галилей», Т. Кун большое значение придает мысленным экспериментам автора «Диалога о двух системах». Именно последние убедительно вскрывали внутреннюю противоречивость тех понятий, которыми Аристотель описывал движение, противоречивость, которая не была до конца устранена в средневековой науке. Действительно, аристотелевское понятие скорости может быть без труда применено для описания многих существующих вокруг движений. «Проблемы возникают только для такого опять же редкого класса движений, для которых критерий мгновенной скорости и критерий средней скорости приводят к противоречащим друг другу выводам при количественных описаниях. В обоих этих случаях понятия противоречивы только в том смысле, что использующий их индивид рискует начать противоречить самому себе. То есть он может оказаться в ситуации, в которой вынужден будет давать несовместимые друг с другом ответы на один и тот же вопрос» (Кун, 1977, с. 251).

В заключение отметим, что связь появления аномалий с противоречием встречи – одно из важных отличий предлагаемой модели от методологии НИП. Ученые – участники научной революции – могут и не понимать, что озадачивающие их необычные аномалии связаны с противоречием встречи. Но это противоречие все равно **будет ими разрешено.** Они попытаются устранить аномалии, выдвигая различные теории, пока не наткнутся на такую, которая окажется в состоянии это противоречие разрешить.

С другой стороны, в комментариях к посмертно изданному двухтомнику избранных работ Имре Лакатоша его единомышленники Джон Уоррал и Эли Захар отмечают: «Однако он (И. Лакатош. – **Р.Н.**) сохранял веру в чрезвычайную важность признания частичной автономии продуктов человеческой интеллектуальной деятельности. В этом мире объективного содержания утверждений (Поппер стал называть его «третьим миром»; см. Поппер (1972)) существуют проблемы (созданные, например, логическими противоречиями между высказываниями) вне зависимости от того, признает ли их кто-нибудь или нет; поэтому мы можем открывать (а не изобретать) интеллектуальные проблемы. Но Лакатош пришел к убеждению, что эти проблемы не «требуют» решения и не диктуют свое собственное решение»... (Лакатош, 1976, с. 145).

**Заключение к § 2 гл. 3.** Рассмотрена связь появления аномалий с процессом возникновения противоречия встречи. Для исследования этой связи использованы соотношения между эмпирическими схемами и системами производных теоретических объектов, выявленные В. С. Степиным. Показано, что проблемная ситуация создаваемая противоречием встречи, характеризуется такими аномалиями, которые находятся за пределами несовпадения предсказаний с результатами экспериментов, обычных для данной теории.

**§ 3. Встретившиеся теории как альтернативы: их роль в обострении проблемной ситуации**

Важным фактором, способствующим выявлению аномальных несовпадений теоретических предсказаний с результатами экспериментов, является то, что встретившиеся теории выполняют по отношению друг к другу функции альтернатив по П. Фойерабенду.

«Функция таких конкретных альтернатив состоит в следующем: они выступают средством критики принятой теории, но иначе, чем критика теории фактами: они не зависят от критики данной теории данными фактами. Сколь бы точно теория не отражала факты, сколь бы универсальной она ни была в своем применении... ее фактическая адекватность может быть выяснена лишь после сопоставления ее с альтернативами, изобретение и детализация которых поэтому должны предшествовать окончательному заключению о практическом успехе и фактической истинности теории» (Фойерабенд, 1978, с. 426).

Под альтернативами Фойерабенд понимает теории, созданные в соответствии с выдвинутым им так называемым принципом пролиферации. Согласно этому принципу, для успешного развития данной области науки необходимо «создавать и разрабатывать теории, несовместимые с принятыми точками зрения, даже если последние являются в высокой степени подтвержденными и общепризнанными» (Фойерабенд, 1978, с. 421). Рациональное содержание этого принципа состоит в следующем.

(1) Ни одна физическая теория никогда полностью не согласуется (за пределами ошибок вычислений) с имеющимися данными. Поэтому мы должны иметь средства фиксации (выявления) определенных отклонений от данной теории и средства выбора их из океана «побочных помех», окружающих каждую теорию. Такими средствами и являются альтернативы.

Например, ни одна планета не движется по орбите, предсказываемой ньютоновской механикой. Существуют расхождения с этой теорией, не порядок превышающие ошибку измерения. Они создают «шумовой фон», частью которого является аномальное смещение перигелия Меркурия на 43 угловых секунды в столетие. Понятно, что только объяснение этих 43 секунд на основе новых принципов способно выделить их из «шумового фона» и превратить в эффект, способный «опровергнуть» ньютоновскую теорию. Такое объяснение должно основываться на теории, несовместимой с ньютоновской, то есть на альтернативе ньютоновской теории. Подобными альтернативами являются так называемые «релятивистские теории» гравитации и, в частности, ОТО А. Эйнштейна (подробнее см. Уилл, 1985).

(2) Теории согласуются с фактами только в определенной степени. Некоторое несоответствие теории фактами бывает обычно очевидным. Однако существуют случаи, когда определенные физические законы мешают усмотреть такое несоответствие. Его позволяет зафиксировать альтернатива.

Но далеко не всякая альтернатива пригодна для «критики», как выражается Пол Фойерабенд, принятой научной теории. Теория, которая только заменяет предсказание П теории Т другим предсказанием П′, несовместимым с П, но экспериментально неотличимым от него, не отвечает своему назначению. Примером является «некинетическая модификация» Сцилардом второго закона феноменологической термодинамики. Как сначала полагал Сцилард, на протяжении эволюции определенной системы будут встречаться отклонения от второго закона, которые выравниваются на протяжении множества веков. Возможно, что такие отклонения действительно существуют. Но в случае их обнаружения, согласно П. Фойерабенду, они будут опровергать закон прямо, и нет нужды прибегать к помощи сцилардовского описания.

Поэтому Фойерабенд формулирует следующие условия того, чтобы некая теория была строгой альтернативой для другой (подробный критический анализ этой стороны его концепции дан в работе Д. В. Пивоварова, 1979).

(а) Дополнительно к предсказанию, которое противоречит выводу из критикуемой теории, альтернатива должна включать в себя некоторое множество утверждений.

(б) Это множество должно быть связано с предсказанием более тесно, нежели только при помощи простой конъюнкции. Предпочтительно органическое единство опровергающего предсказания и остальной части концепции. На наш взгляд, здесь требование И. Лакатоша о том, чтобы переход от исходного предсказания к множеству дополнительных утверждений не был ad hoc3 – см. подробнее пятую главу данной работы, в которой исследуется гипотеза сокращения Лоренца-Фицджеральда, а также гипотеза Молекулярных Сил (см. также Лепин, 1975 и Захар, 1973. Типология гипотез ad hoc рассмотрена в работе Чудинова, 1976).

(в) Требуется хотя бы одно потенциальное эмпирическое свидетельство в пользу альтернативы.

(г) Предполагается способность альтернативы объяснять прежние успехи критикуемой теории. (Строго говоря, это требование П. Фойерабенда неправомерно: ведь альтернативы несоизмеримы. Но как же тогда одна альтернатива может объяснить успехи другой?).

(д) Альтернатива должна отличаться в семантическом отношении от критикуемой теории (неявно формулируемое Фойерабендом требование).

Применение разработанного П. Фойерабендом понятийного аппарата к анализу процесса смены фундаментальных теорий приводит к следующему заключению. **Каждая из встретившихся теорий Т1 и Т2 полностью удовлетворяет всем пяти уровням. Поэтому теория Т1 является строгой альтернативой теории Т2, а теория Т2 является строгой альтернативой теории Т1.** Т1 является средством критики Т2, а Т2 – Т1. С точки зрения теория Т1, несовпадение ее предсказаний с результатами экспериментов обусловлено недостатками другой встретившейся теории. С точки зрения другой теории Т2, несовпадение ее предсказаний с результатами экспериментов обусловлено недостатками Т1. Поэтому каждый противоречащий гибридной теории эксперимент выявляет как недостатки Т1, так и недостатки Т2.

Это обстоятельство особенно наглядно иллюстрируется следующим замечанием, сделанным Эйнштейном о формуле Планка: «Но существовала серьезная трудность, которую Планк, к счастью, сначала не заметил. Ведь те же соображения фактически требовали, чтобы формула E=kT была справедлива также и для низких температур. Однако в этом случае мы должны отказаться и от формулы Планка, и от константы k. Поэтому правильный вывод из существовавшей теории должен был выглядеть так: или средняя кинетическая энергия осциллятора некорректно описывается теорией газов, что должно привести к опровержению (статистической) механики; или средняя энергия осциллятора некорректно описывается теорией Максвелла, что должно привести к опровержению последней. При этих обстоятельствах наиболее вероятно, что *обе теории справедливы только в некоторых пределах* (курсив мой – **Р.Н.**), а в общем – неверны» (Эйнштейн, 1949, с. 43).

Необходимо отметить, что само по себе обнаружение аномальных отклонений теоретических предсказаний от экспериментальных данных является фактором необходимым, но не достаточнымдля утверждения о существовании противоречия встречи. Очевидно, что нельзя утверждать, что всякое аномальное отклонение обусловлено противоречием встречи. Достаточно часто (см., например, упоминавшиеся историко-научные исследования Б. И. Спасского и Т. С. Куна) аномалии устранялись теми или иными не- ad hoc модификациями частных теорий.

Третьим фактором, способствующим созданию проблемной ситуации, является неспособность гибридной теории устранить несовпадение с результатами экспериментов за счет того или иного изменения в системе ее производныз объектов. Почему обычно сама по себе аномалия не считается опровержением определенной теории? – Потому, что всегда можно ввести (и вводили) в систему производных объектов столкнувшейся с обычной аномалией теории такой теоретический объект, который может изменить отношения между теоретическими объектами. Но если аномалия создана противоречием встречи, то с ней сталкиваются две теории. И тогда всякое согласование с экспериментальными данными в рамках одной теории будет приводить к рассогласованию с экспериментальными данными в другой теории. Процесс конструирования модификаций, обеспечивающих согласование с результатами экспериментов, осложняется тем, что, как было отмечено выше, противоречие встречи приводит к рассогласованию не с одним экспериментом, а с целым классом экспериментов.

В итоге согласование встретившихся теорий с результатами экспериментов возможно только за счет устранения противоречия встречи, то есть за счет построения редукционистской или синтетической глобальной теории.

**Заключение к § 3 гл. 3.** Встретившиеся теории выполняют по отношению друг к другу функции альтернатив в смысле П. Фойерабенда.

**§ 4. Существуют ли решающие эксперименты?**

Выявление описанных взаимоотношений между противоречием встречи и возникновением проблемной ситуации позволяет несколько иначе, чем это было принято до сих пор, оценить значение так называемых «решающих» («критических») экспериментов для смены фундаментальных теорий.

Согласно эмпиристской концепции развития научного познания (упоминавшейся ранее), для опровержения любой научной теории достаточен один критический эксперимент.

Согласно пантеоретической концепции, критических экспериментов для фундаментальных теорий нет и быть не может.

Как отмечалось выше, эмпиристская концепция основывается на неверном тезисе о существовании «независимого от теоретических привнесений» языка наблюдений. Неудовлетворительность пантеоретической концепции – в том, что она преувеличивает роль «теоретической нагруженности» языка наблюдений.

Неудивительно, что, как и все сторонники крайних, диаметрально противоположных концепций, сторонники эмпиризма и пантеоретизма правы только отчасти.

Согласно построенной модели, *«решающих» экспериментов может быть сколько угодно, но только в проблемной ситуации, созданной противоречием встречи.* Любая аномалия, говорящая о существовании противоречия встречи, является «решающим» экспериментом. Правда, в соответствии с нашей моделью, этот эксперимент является решающим не в попперовском смысле, поскольку он не «опровергает», а скорее способствует выявлению областей применимости встретившихся теорий. Эксперимент, результаты которого расходятся с предсказаниями гибридной теории, указывает, как правило, на то, что устранение этого несовпадения возможно только за счет построения глобальной теории, но не при помощи модификации той или иной встретившейся теории.

Теперь понятно, почему в действительной научной практике определенный эксперимент объявлялся «решающим» только ретроспективно, только спустя несколько лет после его постановки. Из всей совокупности аномалий, выявленных в процессе возникновения противоречия встречи, выбираются наиболее значительные по величине. До сих пор историки науки спорят, какой эксперимент – Рубенса и Курльбаума или Луммера и Принсгейма – в действительности «опровергал» классическую теорию излучения. На самом же деле «решающими» для обнаружения противоречия встречи являются как тот, так и другой, равно как и некоторые другие эксперименты, позабытые к настоящему времени.

Кроме отмеченных, примерами действительно решающих экспериментов являются также опыт Юнга, наблюдение аномального смещения перигелия Меркурия. Но опыт Майкельсона – Морли – не решающий эксперимент. Это – типичный «малый критический эксперимент», значение которого сводится только к разрешению ситуации выбора между теориями Френеля и Стокса о частичном и полном увлечении эфира Землей в рамках единой программы Лоренца– Ланжевена – Вина.

Для иллюстрация этого тезиса обратимся к классическому примеру. Очень часто, говоря о причинах кризиса в физике на рубеже XIX и XX веков, обращаются к «пророческой» речи лорда Кельвина, произнесенной в 1900 г. В этой речи, согласно широко распространненой (особенно в научно-популярной литературе) точке зрения, мировой авторитет в физике рассматривал эксперименты Майкельсона – Морли и Рубенса и Курльбаума как два темных облака на светлом и ясном небосводе классической физики. Но непредвзятое обращение к самому тексту доклада, опубликованного в ведущем английском научном журнале, позволяет установить, что под «облаками» Кельвин понимал не эксперименты, а **парадоксы** классической физики. Эксперименты упоминаются им лишь в той мере, в какой они с этими парадоксами связаны. Так, раздел «Туча первая» имеет подзаголовок: «Относительное движение Земли и весомых тел». Он посвящен анализу парадокса, выявленного **еще в начале XIX века** Френелем и Юнгом: «как возможно движение Земли сквозь эластичное твердое тело, каким с необходимостью является светоносный эфир?» (Кельвин, 1900, с. 1). Суть парадокса в том, что если «эфир занимает то же место, что и весомая материя», и если он «не смещается движущимися сквозь него телами», «как может материя действовать на эфир»? (Кельвин, 1900, с. 3). Опыт Майкельсона – Морли упоминается лишь как ставящий под сомнение **одно из** решений парадокса, предложенное Френелем. При этом гипотеза Лоренца – Фицджеральда характеризуется как «блестящая». Соответственно, туча вторая – это «доктрина распределения Максвелла – Больцмана». Связанный парадокс **еще** Максвелл назвал «величайшей трудностью, когда-либо испытывавшейся молекулярной теорией». Неудивительно, что ни опыты Люммера и Принсгейма, ни другие исследования спектра излучения черного тела в статье Кельвина даже не упоминаются.

**Заключение к § 4 гл. 3.** В отличие от «пантеоретической» концепции, критические эксперименты действительно существуют. Этих экспериментов может быть сколько угодно, но, в отличие от эмпиристкого подхода, только в проблемной ситуации, созданной противоречием встречи.

**§ 5. Как создается синтетическая глобальная теория**

Возникновение проблемной ситуации приводит к тому, что на смену старым теориям ученые, движимые представлениями, которые будут впоследствии реконструированы методологами в виде синтетических и редукционистских твердых ядер и эвристик, начинают выдвигать «новые». Они могут не понимать (и, как правило, не понимают), что последовательности выдвигаемых ими теорий укладываются в прокрустовы ложа редукционистских или синтетических программ. Более того, они вообще могут не отдавать себе отчета в том, что участвуют в построении глобальной теории. По меткому замечанию Лакатоша, ученые так же хорошо разбираются в законах развития своих дисциплин, как рыбы в законах гидродинамики.

Как же тогда возможно построение глобальной теории? Неужели она оказывается созданной потому, что существует отличная от нуля вероятность того, что старательные исследователи случайно «наткнутся» на эту теорию? Подобно ли сообщество физиков стаду печатающих на машинках обезьян, и не равна ли вероятность нахождения глобальной теории вероятности того, что обезьяны напечатают пьесу Шекспира?

В *действительности* синтетическая глобальная теория строится медленно, путем проб и ошибок. В отличие от редукционистской глобальной теории, правила построения которой уже заданы, *синтетическая теория строится «наощупь», за счет выдвижения промежуточных теорий, обеспечивающих постоянный эмпирически-прогрессивный рост решаемых проблем по отношению к редукционистской программе.* Покажем это.

Как система базисных теоретических объектов, так и системы производных теоретических объектов обладают двумя неразрывно связанными друг с другом свойствами (Степин, 1976).

С одной стороны, всякая система теоретических объектов является отражением наиболее существенных свойств исследуемого объекта. Так, например, базис ньютоновской механики выражает сущность механического движения в виде идеальной модели, при помощи которой вводится представление о перемещениях материальной точки в пространстве системы отсчета с течением времени и изменения под действием силы состояний движения материальной точки. Представляя движущиеся тела в качестве материальных точек или их систем, с помощью такой модели можно описывать реальные механические процессы.

С другой стороны, всякая система теоретических объектов является моделью экспериментно-измерительной практики, содержащей в снятом виде наиболее существенные черты реальной измерительной процедуры. Это обстоятельство дало основание В.С. Степину назвать систему базисных объектов *фундаментальной теоретической схемой* (ФТС), а систему производных объектов – *частной теоретической схемой* (ЧТС).

Например, ФТС ньютоновской механики, изображая механическое движение в виде перемещения материальной точки в определенной системе отсчета под действием сил, представляет собой мысленный эксперимент, содержащий наиболее существенные черты опытов по изучению различных сторон механического движения. Базис ньютоновской механики является обобщением практических операций перемещения тел по наклонной плоскости, колебаний маятника, соударения тел и т.д. В частности, ЧТС механики малых колебаний выступает как модель, выражающая существенные черты экспериментов с колебаниями реальных маятников, натянутой струны и т.п. (модель осциллятора).

А теперь представим себе, что редукционистская программа оказалась успешно реализованной и что построена такая глобальная теория, в которой базисными объектами оказались элементы базиса одной встретившейся теории, а производными объектами – базисные объекты другой. Но это фактически означает, что одна и та же система теоретических объектов содержит в снятом виде черты *существенно различных* измерительных процедур. Их различие обусловлено ем, что системы базисных объектов обеих встретившихся теорий создавались до их встречи, как обобщение совершенно *независимых* друг от друга операций.

Например, успешное завершение редукционистской программы Максвелла (сведение электродинамики к механике) означало бы, что система производных объектов теории Максвелла – «дифференциально малый ток» и «магнитное поле, порождаемое током», отношения которых описываются законом Био-Савара, – выражает существенные черты также и экспериментов с движением тел по наклонной плоскости, вращением твердого тела и т.д.

Очевидно, что парадокс, связанный с неспособностью базиса одной теории, построенного за счет обобщения определенных измерительных процедур, выступать в качестве обобщения других, совершенно отличных измерений, может быть устранен (и устранялся – в теории Лоренца, например) за счет введения «операционально-неопределенного» (см. ниже) объекта. Необходимо «размыть» операциональные основания фундаментальной теории настолько, чтобы она могла аккумулировать и измерительные процедуры феноменологической. Примером операционально-неопределенного объекта в случае редукционистской программы Лоренца – Ланжевена – Вина (сведение механики к электродинамике) является идеальный объект «эфир», вводимый как «носитель электромагнитных колебаний». Его операциональная неопределенность (вскрытая позже) состояла в том, что никаким физическим опытом нельзя было обнаружить движение через такой эфир. Данный конструкт был введен в систему идеальных объектов теории Лоренца не в результате обобщения измерительных процедур, а совсем с другой целью. Он предназначался для конструирования базиса механики из базиса электродинамики, когда частицы, да и сам континуум инерциальной системы должны были определяться через те или иные возмущения эфира, а силы, действующие на заряды, – через его натяжения.

Однако устранение описанного выше затруднения за счет введения такого объекта может оплачиваться слишком дорогой ценой. Оно может привести к *резкому падению предсказательной силы теории*. Действительно, чем эта сила обеспечивается? За счет чего теория, отнюдь не являющаяся непосредственным обобщением опытных данных, способна предсказывать результаты новых, еще никем не ставившихся экспериментов?

Как показал В.С. Степин (1976), эта возможность основана на *жесткой связи* между базисом и реальными измерениями. Жесткая связь устанавливается за счет того, что всякий базисный объект выступает в качестве характеристики отношений производных объектов из нижнего уровня организации теоретических объектов. Поэтому операциональное определение физической величины, связанной с базисным объектом, – это описание не реальных, а идеальных измерительных процедур. Например, операциональное определение напряженности электрического поля дается отнюдь не через описание измерений с применением реальных приборов (например, электрометра). Оно дается через описание отношений идеальных объектов теории Максвелла – электрического поля в точке и пробного заряда. Связь уровня ЧТС с уровнем схем устанавливается за счет того, что ЧТС являются идеализированными схемами изучаемых в реальных экспериментах взаимодействий. Рассмотренная связь между уровнями позволяет вводить соответственно новому содержанию каждого верхнего уровня объекты нижележащих уровней, благодаря чему и оказывается возможным предсказывать результаты будущих экспериментов. Новый результат, полученный за счет совершенствования математического аппарата теории, тотчас же сказывается на содержании всех уровней теоретических объектов. Связь базиса с эмпирическим уровнем позволяет сконструировать экспериментальную установку для проверки полученного результата.

Именно поэтому присутствие операционально-неопределенных объектов, неизбежное для теорий, построенных в рамках редукционистской программы, должно вести (и, как правило, вело) к падению предсказательной силы таких теорий. Это, конечно, не отрицает способности редукционистской программы предсказывать новые факты. Пример: механическая интерпретация тепловых явлений.

Эффективное устранение противоречия встречи возможно именно в такой теории, которая содержит базисы встретившихся теорий в разных системах своих производных объектов. Именно в синтетической теории система глобальных объектов (глобальная теоретическая схема) может выступать как модель, выражающая существенные черты идеализированных экспериментов с абстрактными объектами обеих встретившихся теорий. Ранее мы просто отмечали, что построение синтетической глобальной теории происходит за счет постоянного эмпирически-прогрессивного сдвига решаемых проблем. А теперь покажем это.

Для выявления особенностей генезиса и структуры синтетической теории необходимо среди предложенных в истории физики теорий найти такую, в которой искомые закономерности содержатся в наиболее «чистом» с точки зрения развиваемой модели виде. Такой теорией является максвелловская электродинамика. Обратимся к ее истории.

Хорошо известно, что основным требованием к теории Максвелла было создание единого способа описания различных аспектов электричества и магнетизма. Наряду с фарадеевским полуинтуитивным представлением об электромагнетизме как передаче электромагнитных возмущений от точки к точке в соответствии с принципом близкодействия, существовало представление об электромагнитных взаимодействиях как о мгновенной передаче сил между точечными зарядами и дифференциально-малыми элементами тока. На его основе Ампер выдвинул программу обобщения электричества и магнетизма, длительное время конкурировавшую с максвелловской.

Поставленный вопрос о структуре синтеза приобретает теперь более конструктивный смысл: *каковы были особенности синтетической программы Максвелла, которые обеспечивали ей победу над редукционистской программой Ампера – Вебера,* стремившейся вывести все многообразие электромагнитных явлений из одной (частной) теоретической схемы?

Реконструкция истории становления максвелловской электро-динамики (Тиза, 1963; Степин и Томильчик, 1976) выявляет следующие три особенности.

(1) Взаимоотношения между законами электростатики (кулон, Фарадей), магнитостатики и взаимодействия стационарных токов, электромагнитной индукции (Фарадей) в электродинамике Максвелла описываются диаграммой, представленной на рис. 1. Символ «—→» обозначает дополнительные отношения между теориями (подробности – ниже).

# МАКСВЕЛЛОВСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

**│ │**

**↓ ↓**

Теория электричеких цепей Волновая оптика

**│ │ │**

**↓ ↓ ↓**

Электростатика Магнитостатика Геометрическая оптика

Основной особенностью диаграммы является ее треугольная структура. Л. Тиза, впервые подметивший эту особенность построения классической электродинамики, отмечает, что основу треугольника составляют две несовместимые друг с другом системы. Несовместимость снимается третьей системой, доминирующей над встретившимися (см. подробнее Аршинов, 1973).

(2) При рассмотрении максвелловской ФТС в качестве «сырья» использовались не «чистые» экспериментальные данные, не «протокольные предложения наблюдений» а *теоретические знания* предшествующего уровня. Данные опыта учитывались Максвеллом лишь *косвенно* за счет оперирования с *уже* разработанными теоретическими схемами Фарадея, Кулона, Ампера и др. Построение глобальной теории осуществляется не за счет непосредственного обобщения «чистых» экспериментальных данных, а за счет синтеза уже сформированных теоретических схем низшего уровня.

(3) Рассматривая переход от электростатики и магнитостатики к теории электрических цепей, В.С. Степин отметил особенность, имеющую, на наш взгляд, принципиальное значение для всякого синтеза несовместимых друг с другом теоретических схем.

Получив обобщенный закон электростатики и введя уравнение, обобщающее законы Ампера и Био-Савара, а также закон Кулона для магнитных полюсов, Максвелл оказался перед необходимостью синтеза разрозненных представлений. Синтез на основе понятия стационарной силовой линии оказался непродуктивным, и Максвелл ввел модель вихря в несжимаемой жидкости, допустив неравномерное вращение вихрей.

Теперь Максвелл может, наконец, перейти к решающему мысленному эксперименту – выводу из полученных представлений закона Био-Савара. «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 проведен 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 (Степин, 1976, с. 163).

Особый интерес представляет то, что теоретический объект, представлявший «субстанциональные» свойства тока, и объект, характеризовавший магнитное действие тока, ранее отличались друг от друга, принадлежа разным теоретическим схемам. Синтез этих схем был произведен за счет создания такой ФТС, в которую, благодаря описанному мысленному эксперименту, бы введен объект, объединявший «в себе» классически – дополнительные свойства объектов из несовместимых ЧТС. Два разных объекта были «замещены» одним, но не на прежнем уровне ЧТС (это привело бы к отбрасыванию «старых» объектов), а на уровне ФТС. Много позже методологический прием, использованный Максвеллом, был осознанно применен при построении квантовой теории атома Бором. «Невозможность объединения явлений, наблюдаемых при различных условиях опыта, в единую классическую картину приводит к рассмотрению таких по видимости противоречивых явлений как дополнительных в том смысле, что они – взятые совместно – исчерпывают все поддающиеся определению выводы об атомных объектах» (цитируется по работе Хютта, 1976, с. 149).

Таким образом, *система базисных объектов глобальной теории выступает как модель, содержащая существенные черты идеализированных экспериментов с базисными объектами обеих встретившихся теорий.* Это обеспечивается тем, что по крайней мере один базисный объект глобальной теории обладает свойствами, который порознь принадлежат теоретическим объектам из разных теорий Т1 и Т2. В этом смысле такой объект является «дополнительно-наблюдаемым»: его свойства ранее принадлежали разным объектам из дополнительных теоретических систем. Так получает свое методологическое обоснование Принцип Дополнительной Наблюдаемости, предложенный нами в результате модификации Принципа Общей Наблюдаемости В.П. Бранского. Характер и размеры данного исследования не позволяют останавливаться на этом вопросе более детально.

Учет особенностей (1) – (3) позволяет, наконец, объяснить причину **большего** эмпирически-прогрессивного сдвига проблем синтетической программы по сравнению с редукционистской. Все дело в – гибридных объектах, существование которых редукционистской программой полностью запрещается. В отличие от последней, синтетической программой они не отбрасываются. Напротив. Несмотря на то, что из систем производных объектов встретившихся теорий они должны быть удалены, гибридные объекты «возводятся на пьедестал» **глобальных** теоретических объектов. Действительно, по определению, объекты глобальной теории – это идеальные объекты, из которых конструируются, при описании определенных областей реальности, и базис Т1, и базис другой встретившейся теории, Т2. Объекты глобальной теоретической схемы содержат информацию и о Б1, и о Б2. Но этим свойствам удовлетворяют и гибридные объекты! Ведь они сконструированы и из объектов множества {Б1}, и из объектов множества {Б2}. Более того. Если возможна процедура конструирования гибридных объектов из базисных, то возможна и обратная операция – конструирования или «воссоздания» базисных объектов из гибридных. По крайней мере, оснований для противоположного утверждения автор не видит. В силу того, что, как показано во второй главе, в общем случае может быть создано **несколько** систем гибридных объектов, каждая такая система содержит лишь **часть** информации о встретившихся базисах. Поэтому и воссоздать эта система может не все, а только **некоторые** из свойств базисов Т1 и Т2. Всей информацией о «родителях» обладает лишь **все** множество гибридных систем. Но это множество всегда открыто для новых элементов, поскольку заранее никогда нельзя сказать, что нам известны **все** области, в которых Т­1 и Т2 могут встретиться. Любая фундаментальная теория может развертываться беспредельно за счет конструирования частных теоретических схем из фундаментальной для каждой новой предметной области. Ограничения могут возникнуть только при встречах с другими фундаментальными теориями, но и их может быть сколько угодно.

Поэтому система глобальных объектов должна быть **синтезом** всех имеющихся систем гибридных объектов и, как таковая, не может быть замкнутой, завершенной. Она всегда открыта для ассимиляции новых гибридных систем, причем введение каждого нового элемента может приводить к наделению новыми свойствами старых элементов. (Эта процедура аналогична введению нового объекта в систему производных объектов).

Приведенные рассуждения могут быть проиллюстрированы примерами из истории научной революции первой половины XX века. Современная квантовая теория была создана благодаря синтезу гибридной модели атома Бора, гибридной полукорпускулярной теории излучения Эйнштейна, специальной теории относительности и т.д. Необходимо отметить, что полностью этот процесс не завершен и к настоящему времени.

Так, создание современной релятивистской квантовой теории поля и введение понятия спина стало возможным в результате объединения специальной теории относительности и квантовой механики. Отмечая это, П.А.М. Дирак указывал на следующие обстоятельство. Спиноры – математические объекты, соответствующие частицам с полуцелым спином, – изменяют свой знак на противоположный при поворотах на 2π. А если спиновое число равно 1? – Теория сталкивается с трудностями. В чем их причины? «Я чувствую, что существование величин, преобразующихся нелокально, плохо согласуется с самим духом теории относительности. Это означает, что в пространстве-времени имеются величины, относящиеся к определенному направлению оси времени, и что если мы изменим это направление, то новые величины будут относиться не к условиям в окрестности точки, в которой были первоначальные величины, а к физическим условиям за ее пределами. Это похоже на теорию действия на расстоянии... Та же трудность возникает и в случае нескольких взаимодействующих друг с другом частиц... Мне кажется, что мы должны сказать, что проблема согласования квантовой теории и теории относительности не решена. Понятия, используемые физиками в настоящее время, неадекватны. Они становятся очень искусственными, когда их применяют формальным образом. Особенно явно трудности дают о себе знать тогда, когда мы рассматриваем взаимодействие между, скажем, электронами и электромагнитным полем» (Дирак, 1973, с. 10 – 11).

Согласование СТО и ньютоновской теории гравитации привело созданию общей теории относительности (подробнее см. Нугаев, 1987), а появление последней – к проблеме синтеза ОТО и квантовой теории поля. Эта проблема, конечно, не решена, но первые системы гибридных объектов в рамках так называемой «квантовой теории поля в римановых пространствах-временах» (см. Биррелл и Девис, 1984) уже созданы. Например, гибридной теорией является теория рождения элементарных частиц гравитационными полями черных дыр, заложенная работами С. Хокинга (1975). Уже с самого своего возникновения эта теория столкнулась с парадоксами, вызванными рассогласованностью ОТО и квантовой теории поля (см. подробнее Фуллинг, 1973; Де Витт, 1975). Как отмечает один из ведущих специалистов в современной теории тяготения, источник этих парадоксов – сама «полуклассическая» теория испарения черных дыр, в которой гравитационное поле описывается «классически» (как метрика пространства-времени), а его источники – в терминах квантовой теории поля. «Фундаментальное уравнение ОТО Gμυ = <Tμυ> содержит несовместимые величины одного и того же знака в разных своих частях. Более того, *эта несовместимость проявляет себя даже на современном экспериментальном уровне*» (Унру, 1980, с. 154; курсив мой – **Р.Н.**).

Примером гибридного объекта является в данном случае сам «квантово-полевой вакуум». Методы регуляризации средних величин, разработанные по отношению к плоскому пространству-времени, при наличии сильных гравитационных полей уже «не работают»: в этих случаях вакуум обладает дополнительной бесконечной энергией из-за собственного гравитационного поля. Судя по всему, вакуум уже занял место глобального объекта в активно разрабатываемых сейчас теориях суперобъединения (см. обзор Арефьевой и Воловича, 1985), в теории раздувающейся Вселенной (Линде, 19840, предсказывающий ряд эффектов именно как следствий спонтанных нарушений симметрии вакуума. Более подробное обсуждение этих вопросов увело бы нас в сторону от основных проблем данного исследования. Важно, что и здесь построение синтетической глобальной теории идет, судя по всему, по путям, проложенным Эйнштейном и Бором.

Вернемся к общей схеме построения глобальной теории. Почему теории из синтетической программы должны «эмпирически-превосходить» теории из редукционистской?

Введение гибридных объектов порождает противоречия во всех столкнувшихся теориях и заставляет их приспосабливаться друг к другу, «взаимопроникать» и «взаимообогащаться». Скажем, в рассмотренном только что примере «общая теория относительности и квантовая теория поля, будучи соединены в новом синтезе, уже значительно обогатили друг друга» (Де Витт, 1980, с. 683). Это обогащение выразилось, в частности, в хорошо известном проникновении методов квантовой теории поля в ОТО (квантование гравитационного поля). С другой стороны, гораздо менее известное проникновение методов ОТО в квантовую теорию поля привело к открытию так называемого «эффекта Унру» в плоском пространстве-времени. «Свежим примером, тесно связанным с хогинговским процессом испарения черной дыры, является поведение ускоренных детекторов частиц. Поскольку в ОТО рассмотрение поведения ускоренных наблюдателей приводит к важным проблемам, поведение этих наблюдателей даже в пространстве-времени Минковского также представляет интерес. Построив простую модель детектора частиц и ускорив ее в вакууме плоского пространства-времени, можно показать, что этот детектор будет вести себя так, как если бы он был помещен в тепловое море частиц температуры Т = 8π*ha/кс*» (Унру, 1980, с. 154).

В результате столкновения теорий Т1 и Т2 их области применимости увеличиваются на Д2 и Д1 соответственно: область теории Т1 – за счет экспансии в область Д2, Т2 – за счет экспансии в Д1. Область применимости общей гибридной теории становится равной 2 (Д1+Д2). Так, создание теории световых квантов (и СТО) на «стыке» классической механики, термодинамики и электродинамики характеризовалось взаимопроникновением статистической механики и термодинамики (исследования Гиббса и Эйнштейна по «статистической термодинамике»), статистической механике и электродинамики (эйнштейновская теория флуктуаций плотности излучения), термодинамики и электродинамики (рассмотренные М. Планком понятия температуры и энтропии излучения), механики и электродинамики (принцип относительности, корпускулярная теория света). Развитие идей Эйнштейна де Бройлем (подробнее см. Пайс, 1980) привело к наделению «весомой материи» волновыми свойствами и т.д.

Гибридные объекты становятся своего рода «каналами», через которые идеи и методы встретившихся теорий проникают друг в друга, приводя к взаимному изменению их содержания. Если мы сравним синтетические теории с редукционистскими, в которых существование гибридных объектов категорически исключается, то убедимся, что, даже в самом благоприятном для редукции случае, – когда фундаментальные проблемы решены, – область применимости глобальной теории увеличивается лишь за счет присоединения к Д1 предметной области Д2. Фундаментальная теория Т1 «проникает» в феноменологическую Т2, но обратный процесс – проникновение Т2 в Т1 – исключен. Поэтому область применимости идеала синтетической глобальной теории в два раза превышает область применимости идеала теории редукционистской. Вот что **должно** обеспечивать эмпирическое превосходство синтетических теорий над редукционистскими (см., например, рассмотренное выше развитие подпрограммы Бора).

Действительно, появление гибридных объектов приводит к противоречиям в каждой из встретившихся теорий. Скажем, введение фотонов противоречило классической теории излучения, объяснявшей опыты по диффракции и интерференции световых волн. «Подобный способ рассмотрения проблемы показал прямым и непосредственным образом, что планковские кванты реальны, что энергия излучения, поэтому, должна обладать своеобразной молекулярной структурой, что, конечно, противоречило максвелловской теории» (Эйнштейн, 1949, с. 51). Но эти противоречия – временные, поскольку появление гибридных объектов вызывает такие преобразования во встретившихся теориях, которые, в конце концов, эти противоречия снимают, приводя к созданию новых теорий, содержащих старые в снятом, преобразованном виде. Противоречия являются «импульсами» создания новых теорий.

«Размышления такого рода сделали для меня очевидным, сразу после 1900 г., то есть сразу после интригующей работы Планка, что ни механика, ни термодинамика (кроме предельных случаев) не могут претендовать на абсолютную достоверность» (Эйнштейн, 1949, с. 51).

В случае столкновения ОТО и квантовой теории поля приведенные выше общие рассуждения могут лучше всего быть проиллюстрированы следующим образом. «Особенно забавно, что именно в то время, когда эмпирическая проверка теории становится, наконец, возможной, уже проводится и уже благополучно подтверждает ее предсказания, имеет место самое серьезное покушение на саму структуру теории (то есть ОТО – **Р.Н.**). Пытаясь совместить общую теорию относительности с квантовой теорией, многие чувствуют, что ОТО должна быть каким-то образом изменена. Наиболее красноречивый пример – это, конечно, супергравитация с ее гравитино» (Унру, 1980, с. 153).

**Заключение к §5 гл. 3.** В действительной истории науки и синтетическая, и редукционистская глобальные теории строятся, как правило, «наощупь», путем проб и ошибок. Реализация синтетической программы обеспечивает постоянный эмпирически-прогрессивный рост решаемых проблем по отношению к редукционистской программе. Глобальная синтетическая теоретическая схема строится на основе синтеза гибридных теоретических схем.

**Заключение к главе третьей.**

***Существование противоречия встречи между несколькими фундаментальными теориями связано с существованием определенных аномалий, не укладывающихся в эти теории. Их устранение, вне зависимости от того, понимают это сталкивающиеся с аномалиями исследователи или нет, возможно лишь в «снимающей» противоречие встречи глобальной теории. Эффективнее всего противоречие встречи может разрешить глобальная теория, построенная в рамках синтетической программы. Она, как правило, строится методом проб и ошибок, за счет выдвижения теорий, обеспечивающих постоянный эмпирически-прогрессивный сдвиг решаемых проблем.***

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

**КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ СМЕНЫ ТЕОРИИ ЛОРЕНЦА СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ**

Как хорошо известно, специальная теория относительности (СТО) А. Эйнштейна и основанная на концепции эфира теория Лоренца сосуществовали в начале XX века как эмпирически-эквивалентные (см. например, Бухерер, 1904; Пуанкаре, 1905, 1906; Ланжевен, 1905; Кауфман, 1906; Эренфест, 1906; Лауэ, 1911; Лоренц, 1915). В частности, обе они, хотя и по-разному, объясняли результаты опыта Майкельсона-Морли, равно как и экспериментов Физо (1853), Респиги и Гука (1858), Клинкерфюса (1870), Кеттелера (1872), Маскара (1873), Роуленда (1876), Рентгена (1885), Декудра (1889), Лоджа (1893), Рэлея (1902), Смита (1902), Траутона (1902), Нордмейера (1903), Эйхенвальда (1903), Траутона и Нобла (1903), Вильсона (1904), Брэса (1905), Кенигсбергера (1905), Штрасера (1907) и некоторых других (см. Бурсиан, 1904). Как отмечал в статье, посвященной СТО, один из видных английских физиков: «Важно отметить, что в настоящее время существует и другая теория – Лоренца – которая полностью объясняет все электрические законы движущихся относительно друг друга систем; что все следствия из Принципа Относительности идентичны следствиям теории Лоренца, и что оба множества выводов полностью согласуются со всеми проведенными к настоящему времени экспериментами» (Кемпбелл, 1911, с.503).

К настоящему времени предложены самые разные реконструкции переходу «Лоренц – Эйнштейн». Согласно тем из них, которые выдвинуты в рамках эмпиристского подхода, победа Эйнштейна над Лоренцом является следствием неудовлетворительного объяснения в рамках теории эфира именно эксперимента Майкельсона – Морли. Более того. Само описание периода перехода от лоренцевской электродинамики к специальной теории относительности считалось классическим примером справедливости эмпиристского подхода. Поэтому вполне понятен тот интерес, который вызвала работа ученика Имре Лакатоша – Эли Захара – посвященная анализу перехода «Лоренц – Эйнштейна» с позиций методологии научно-исследовательских программ.

Общая высокая оценка работы Э. Захара и, прежде всего, той ее части, в которой дана на редкость убедительная критика эмпиристских объяснений причин принятия СТО (см. § 2 данной главы), не позволяет, тем не менее, согласиться с предложенным им положительным решением проблемы. Этому решению присущ ряд серьезных недостатков, некоторые из которых обусловлены разделяемой Э. Захаром концепцией И. Лакатоша.

Соответственно, § 1 данной главы посвящен краткой истории опыта Майкельсона – Морли. Он основан в значительной мере на историко-научном материале, представленном в работах И. Лакатоша (1970) и Э. Захара (1973). Упомянутому эксперименту более других «повезло» в методологической литературе. Его история является тем «фокусом», в котором скрещиваются практически все достаточно известные методологические концепции.

Второй параграф показывает неудовлетворительность объяснений причин победы Эйнштейна над Лоренцем основанных на анализе опыта Майкельсона – Морли. В нем использованы аргументы Э. Захара (1973). Результаты этого параграфа имеют значение также и для первой главы.

Третий параграф выявляет недостаточность объяснения победы Эйнштейна над Лоренцем, предложенного Лакатошем и Захаром.

**§ 1. Опроверг ли опыт Майкельсона – Морли теорию эфира?**

Эксперимент, о котором пойдет речь, был поставлен А. Майкельсоном в берлинском Институте Гельмгольца в 1881 г. Для проверки теорий Френеля и Стокса, дававших исключающие друг друга выводы о влиянии Земли на эфир. Он повторялся со все более возраставшей точностью в 1887 году и позже. Майкельсон использовал двухплечевой интерферометр (рис. 2), одно плечо которого (ВЕ) располагалось вдоль направления движения Земли сквозь эфир, другое (ВД) – перпендикулярно. Покоящийся относительно абсолютной системы отсчета, но движущийся относительно Земли эфир должен был бы вызвать разность во временах прихода лучей Л1 и Л2 в интерферометре и , следовательно, сдвиг интерференционных полос. Рассмотрим устройство интерферометра подробнее.

Д

Л1

Е

А В Л2

ВЕ=L и ВД=*l*. Под углом в 45о по отношению к направлению ВД в пункте В находится полупрозрачное зеркало. Находящийся в А источник света испускает луч, который в точке В расщепляется на два луча. Первый луч Л1 распространяется вдоль ВД, отражается в Д и возвращается в В. Второй луч Л2 путешествует вдоль ВЕ и, отразившись от Е, интерферирует затем с лучом Л1.

В системе отсчета, покоющейся относительно Земли, скорость луча Л2 от В к Е и от Е к В будет равна, согласно преобразованиям Галилея, (*c – v*) и (*c+v*); *v –* скорость Земли; *с* – скорость света. Поэтому время, необходимое для путешествия из В в Е и обратно, будет описываться выражением

*t2=L*/(*c – v*)+*L*/(*c+v*)=2*L*/*cβ2,* где *β=1*/*√1 –* (*v*/*c*)2.

Пусть u – скорость луча Л1 вдоль ВД. В эфире скорость Л1 равна *c=v+u*, откуда |*v+u|=c* и

*u=√c2 – v2.*

Поэтому время, необходимое для путешествия из В в Д и обратно, описывается выражением

*t1=2l*/*√c2 – v2=*(*2l*/*c*)*β.*

Если L=1, то t2 – t1=(2L/c)β2 – (2L/c)β=(2L/c)β(β – 1).

При вращении аппарата на 90о интервал времени, необходимого Л1 для возвращения обратно в В, возрастает на (2L/c) β (β – 1). При этом время, необходимое для возврата Л2, уменьшится на ту же величину. Поэтому общая разность хода лучей будет равна

4L/*c* β (β – 1)=4L/*c* [(1 – *v2*/*c2*)-1 – (1 – *v2*/*c2*)-1/2]2L*v2*/*c3*.

Эта разница должна привести к значительному сдвигу интерференционных полос. Но никакого сдвига обнаружено не было. Поэтому Майкельсон заявил о том, что он опроверг гипотезу Френеля о покоящемся эфире и подтвердил теорию Стокса о полном увлечении эфира Землей. В свете выводов из предыдущей главы интересно отметить, что создатель теории об отсутствии эфирного ветра – английский физик Стокс – полагал, что его собственная теория эмпирически-эквивалентна теории Френеля. Например, при помощи соответствующих дополнительных гипотез обе теории одинаково хорошо объясняли аберрацию света. Но Майкельсон утверждал, что опыт 1881 г. является решающим экспериментом. Из него «с необходимостью следует заключение о том, что эта гипотеза (то есть гипотеза неподвижного эфира – Р.Н.) ошибочна. Это заключение прямо противоречит такому объяснению явления аберрации, которое... предполагает, что Земля движется сквозь эфир, остающийся в покое» (Майкельсон, 1881, с. 128). Но в этом случае, как, впрочем, и в некоторых других, теоретик Лоренц преподал урок экспериментатору Майкельсону. Один из авторитетнейших физиков конца XIX века произвел «очень тщательный анализ» всего эксперимента (Майкельсон и Морли, 1887, с. 335) и показал, что Майкельсон интерпретировал результаты своего опыта неверно. Неправильными оказались расчеты. В 1881 г. экспериментатор слишком грубо аппроксимировал скорость луча вдоль ВД скоростью света. Поэтому он и получил результат, в целых два раза превышающий правильное значение: *t2 – t1=4Lv2*/*c3.* Лоренц показал, что реальный сдвиг находится в пределах обычных экспериментальных погрешностей и заключил, что опыт Майкельсона ни опровергает теорию Френеля, ни подтверждает теорию Стокса. Более того. Он обнаружил, что теория Стокса внутренне противоречива и заменил ее другой, лучшей. Последняя снова была представлена на суд эксперимента (Лоренц, 1886), и Майкельсон (на этот раз – вместе с Морли) принял вызов. Результаты нового опыта опять показали отсутствие эфирного ветра, но теперь уже экспериментатор куда более осторожно подходит к интерпретации полученных результатов. Он даже стал допускать возможность того, что вся Солнечная система как целое движется в направлении, обратном направлению движения Земли. Было поставлено несколько опытов с интервалами между каждым не меньше трех месяцев. В своей второй статье Майкельсон уже и не упоминает ни о каких «вытекающих с необходимостью заключениях» и «непосредственных противоречиях» с опытом. Он лишь полагает, что «если и существует какое-либо относительное движение Земли и светоносного эфира, то оно должно быть мало, оно должно быть настолько мало, что опровергает френелевское объяснение аберрации» (Майкельсон и Морли, 1887, с. 341). Таким образом, и в этой статье Майкельсон продолжает утверждать, что он опровергает теорию Френеля, но здесь уже и намека нет на его предыдущие (1881 г.) заявления о том, что теория покоящегося эфира **в принципе** опровергнута. И действительно, Майкельсон надеялся на принципиальное опровержение за счет исследования эфирного ветра на больших высотах, «например, на вершине изолированной горы» (Майкельсона и Морли, 1887).

Лоренц не мог не признавать результаты опыта 1887 г., но заключал, что, несмотря на выводы Майкельсона, даже новый его эксперимент «не решает того вопроса, для ответа на который он был поставлен...». Значение опыта Майкельсона – Морли состоит лишь в том, что последний может дать информацию об изменениях размеров тел при их движении сквозь эфир (Лоренц, 1892а). Введя свое знаменитое сокращение (см. §2 данной главы), открытое независимо от него Фицджеральдом (см. Уиттекер, 1953), Лоренц мог утверждать, что он устранил «противоречие между теорией Френеля и результатами Майкельсона» (Лоренц, 1895). При этом он допускал возможность того, что «в силу нашего незнания природы молекулярных сил проверить гипотезу невозможно» (Лоренц, 1892б).

Майкельсон же, наконец, поставил свой опыт на вершине горы (1897) и снова не нашел никакого эфирного ветра. Теперь он был крайне обескуражен, поскольку ранее полагал, что подтвердил теорию Стокса. А она-то и предсказывала существование эфирного ветра на больших расстояниях от поверхности Земли. И Майкельсон был вынужден признать, что «влияние Земли на эфир простирается на расстояние порядка земного диаметра» (Майкельсон, 1897). Этот результат был найден неприемлемым. Тогда Майкельсон решил, что в 1887 году он совершил ошибку. Надо было отказаться от теории Стокса, а теорию Френеля – наоборот, принять. И надо также принять «спасающую» эту теорию разумную гипотезу – скажем, выдвинутую в 1892 году теорию Лоренца. Теперь, наконец, и Майкельсон принимает гипотезу Лоренца – Фицджеральда, а его коллеги начинают изучать, как изменяется характер сокращения в зависимости от материала движущегося тела (Морли и Миллер, 1904).

Мы можем заключить, что история опытов Майкельсона не содержит прямых указаний на опровержение всей концепции эфира. Об этом же говорят и свидетельства современников Лоренца и Эйнштейна. В заключительном разделе фундаментального обзора электродинамики движущихся тел говорится: «Мы изложили богатый экспериментальный материал, посвященный вопросу об электромагнитных и оптических явлениях в движущихся телах, связав его с развитием теории Лоренца, придерживающейся существования эфира и рассматривающей движения тел по отношению к нему. Мы видели, каким образом, следуя прогрессу экспериментального искусства, чисто индуктивным путем эта теория была приведена к важному результату, вполне аналогичному известному принципу классической механики, а именно к убеждению, что во всех электромагнитных явлениях так же, как и в чисто механических, все явления зависят только от относительного движения...» (Бурсиан, 1904, с. 35).

При вручении в 1907 году А. Майкельсону одной из высших наград Королевского Общества – медали Копли – лорд Рэлей следующим образом оценил результаты рассмотренного опыта: «Наиболее простое объяснение этого результата требует, чтобы эфир полностью вовлекался в орбитальное движение Земли; но современная электрическая и оптическая наука настаивает на неподвижном эфире, и именно наличие данного и подобного ему нулевого результатов имеет для теории эфира фундаментальное значение» (Рэлей, 1908, с. 247).

«Таким образом, мы можем считать окончательно установленным тот факт, что в движении земных предметов эфир не принимает никакого участия» (Котович, 1909, с. 211; см. также Гольдгаммер, 1911, с. 155).

Известный голландский теоретик П. Эренфест, один из ближайших друзей А. Эйнштейна, сопоставив достоинства СТО и теории Лоренца, прямо заключил, что «принципиально невозможен такой критический эксперимент, который решил бы спор в пользу той или иной теории» (Эренфест, 1913, с. 160).

Более того. Между 1881 г. и 1886 г. опыт Майкельсона – Морли вообще не упоминается в научной литературе (Лакатош, 1970). Когда французский физик Потье указал Майкельсону на ошибку в статье 1881 г., последний решил вообще не публиковать исправленный вариант. Причину этого поступка он объяснил в письме лорду Рэлею так: «Я неоднократно старался заинтересовать в этом эксперименте коллег, но безуспешно; я никогда не опубликую исправленный вариант потому, что, как ни стыдно в этом признаться, я обескуражен тем слабым вниманием, которое вызвала моя работа, и не считаю ее стоящей» (Шенкленд, 1964, с. 29).

Итак, ни с 1887 г. по 1905 г., ни позже опыт Майкельсона – Морли опровержением концепции эфира не считался, и по вполне понятным причинам. Они то и объясняют, почему в 1907 г. Майкельсон получил Нобелевскую премию за «точные оптические инструменты и спектроскопические и методические исследования» и почему в его нобелевской лекции этот опыт даже не был упомянут.

Лоренц, конечно же, не счел результаты Майкельсона опровержением теории эфира. Иногда его реакция интерпретируется в пользу печально знаменитого образа «старого физика», упорно цепляющегося за отжившие свой век, но милые его сердцу концепции. Это неверно. Лоренц действительно заслуживал то поистине международное уважение, которое, в частности, выразилось в том, что он председательствовал почти на всех состоявшихся при его жизни конгрессах. Для сопоставления с опытом Майкельсона-Морли характерна крайне болезненная реакция Лоренца на результаты опыта Кауфмана, несогласовывавшиеся с теорией Лоренца (а также, кстати, и со СТО). Лоренц воспринял эти результаты как **прямое** опровержение своей теории. В письме к А. Пуанкаре от 8 марта 1906 г. Лоренц – в отчаянии: «К несчастью, моя гипотеза сплющивания электронов противоречит новым результатам Кауфмана, и я должен от нее отказаться. Поэтому моя жизнь разбита. Мне представляется невозможным создать теорию, требующую полного отсутствия влияния на движение тел в явлениях оптики и электричества. Я был бы несказанно счастлив, если бы Вам удалось прояснить трудности, которые опять возникают» (цит. по работе Миллера, 1980, с. 83). Вскоре выяснилось, что результаты Кауфмана ошибочны.

**Заключение к § 1 гл. 4.** На основе анализа историко-научного материала, относящегося к опытам Майкельсона, показано, что не может быть и речи об опровержении этими опытами концепции эфира.

**§ 2. Анализ индуктивистских и фальсификационистских реконструкций**

Большая часть предложенных к настоящему времени объяснений причин победы Эйнштейна над Лоренцем основана на анализе опыта Майкельсона – Морли. Эти объяснения могут быть (и были) обоснованы как в рамках индуктивистской концепции развития научного знания, так и в рамках фальсификационистской концепции, а также в рамках концепции Д. Холтона. Рассмотрим их.

(2.1) *Индуктивистское объяснение.* Оно основано на утверждении о отм, что второй постулат СТО (устанавливающий инвариантность скорости света) является прямым обобщением результатов опыта Майкельсона – Морли.

Согласно Максу Борну, «... второе утверждение, относящееся к постоянству скорости света, должно с уверенностью рассматриваться как установленное экспериментально» (Борн, 1962, с. 225).

Согласно Г. Рейхенбаху (1958, с. 20), «... было бы ошибкой утверждать, что теория Эйнштейна дает объяснение опыта Майкельсона, поскольку она этого не делает. Опыт Майкельсона просто берется за аксиому».

Индуктивистское объяснение неверно не только в историческом (§ 1) отношении. С логико-методологической точки зрения очевидно, что ни один из результатов опытов Майкельсона не эквивалентен утверждению, что во всех инерциальных системах отсчета скорость света не зависит от скорости источника и равна постоянной. Это хорошо понимали и некоторые современники Эйнштейна. Так, Д. А. Гольдгаммер отмечал (1911, с. 157), что «не изменяется при движении тел в теории Эйнштейна *по условию* скорость света» (курсив мой – **Р.Н.**). В широко известном учебнике О. Д. Хвольсона (5 глава второй половины 4-го тома) «Курс физики» о постулате постоянства скорости света еще более категорично утверждается, что это «априорно выставленная аксиома, это постулат, положенный в основу нового мировоззрения. Ни о каком его доказательстве не может быть и речи» (Хвольсон, 1912, с. 402).

Более того, в статье, опубликованной в крупнейшем английском научном журнале, даже содержится утверждение, что «принцип относительности, например, является не строгим физическим законом, а выражением, в математических символах, общего философского закона, общепринятого на протяжении столетий, об ограниченности человеческого разума» (Мор, 1911, с. 196).

И, наконец, явная неудовлетворительность индуктивистского объяснения очевидна, на наш взгляд, при обращении к так называемым «эмиссионным теориям света», отбросившим постулат о постоянстве скорости света и заменившим его галилеевским сложением скорости света и источника. Эти теории (см., например, Толмен, 1910) прекрасно объясняли опыт Майкельсона – Морли!

Выявление неудовлетворительности индуктивистского объяснения привело к выдвижению более утонченного, фальсификационистского варианта.

(2.2) *Фальсификационистское объяснение.* Согласно этому объяснению, поражение теории Лоренца и победа теории Эйнштейна обусловлены их ad hoc и не-ad hoc откликами на эксперимент Майкельсона – Морли, соответственно. Неприемлемость гипотезы ad hoc состоит в том, что теория T´, получаемая из теории T за счет введения такой гипотезы, не имеет новых эмпирически-проверяемых следствий по сравнению с T. Как пишет Карл Поппер, «примером неудовлетворительной вспомогательной гипотезы является Гипотеза Сокращения Фицджеральда и Лоренца, которая не имела никаких фальсифицируемых следствий, а служила лишь для восстановления согласованности между теорией и экспериментом...» (Поппер, 1983, с. 111).

(2.3) *Объяснение Холтона.* Теория Лоренца неудовлетворительна потому, что гипотеза Лоренца-Фицджеральда (ГЛФ) является гипотезой ad hoc, но в другом, отличном от фальсификационистского, смысле. А именно: в теории эфира «... нет ни одного явного утверждения, связывающего это звено с преобразованиями Лоренца» (Холтон, 1969, с. 171).

Фальсификационистское и холтоновское «обвинения» представляются более разработанными по сравнению с индуктивистскими. Теория Лоренца обвиняется в неспособности предсказывать новые данные, планировать и направлять экспериментальные исследования из-за введения дополнительных предположений, призванных осуществлять подгонку теории под уже известные факты.

Для того, чтобы проверить справедливость этих обвинений, надо сначала более детально рассмотреть само понятие «гипотеза ad hoc» (см. первую главу). Как убедительно показал И. Лакатош, понятие ad hoc имеет смысл только в рамках определенной научно-исследовательской программы при сравнении предшествующей теории с последующей. Следовательно, проверка ГЛФ на произвольность предполагает выявление структуры программы Лоренца. В чем же она состоит?

По Э. Захару, «твердое ядро» этой программы (то есть совокупность исходных утверждений, остающихся неизменными при последующем развитии) состоит из системы уравнений Максвелла для электромагнитного поля, дополненной выражением для «силы Лоренца», законов механики Ньютона и преобразований Галилея.

Эвристика программы Лоренца (то есть совокупность положений, обеспечивающих выдвижение вспомогательных гипотез) состоит в «метафизическом принципе», согласно которому все физические воздействия передаются через посредство эфира.

Каждая теория НИП является конъюнкцией «твердого ядра» и вспомогательной гипотезы, выдвигаемой при помощи эвристики. Именно к вспомогательной гипотезе и применяется, в случае возникновения аномалии, логическое правило «modus tollens». Лоренцевская эфирная программа состояла из трех теорий *L, L´, L˝.* Теория *L* состоит из описанного выше твердого ядра и из следующих допущений:

(а) движущиеся часы не запаздывают;

(б) движущиеся в эфире стержни не сокращаются.

Теория *L´* получается из *L* при замене утверждения

(б) гипотезой сокращения Лоренца – Фицджеральда. Согласно ГЛФ, размеры тела, движущегося сквозь эфир, сокращаются в √1 – (v/c2) раз.

Теория *L˝* получается из *L´* заменой утверждения (а) обратным: движущиеся в эфире часы запаздывают в √1 – (v/c2) раз.

Теперь мы можем перейти к уточнению понятия ad hoc (см. Захар, 1973). Все более или менее конкретные обвинения в произволе, выдвинутые в адрес ГЛФ, могут быть обобщены следующим образом.

Теория называется теорией ad hoc1, если она не имеет новых эмпирически-проверяемых следствий по сравнению со своей предшественницей.

Теория называется теорией ad hoc2, если ни одно из этих новых следствий не было в действительности проверено.

Теория называется теорией ad hoc3, если она получена из предшествующей за счет такой ее модификации, которая не согласуется с эвристикой НИП.

Сделанные уточнения в значительной мере зависят от определения понятия «новый факт». Какое же следствие из теории, по Э. Захару, является новым?

Предсказание кометы Галлея, например, было новым фактом для ньютоновской механики. Но если мы отождествим новизну факта с его темпоральной новизной, мы окажемся в затруднительном положении. Мы не сможем воздать должное Эйнштейну за объяснение аномального смещения перигелия Меркурия. Ведь оно было известно задолго до создания ОТО. Аналогично, с этой точки зрения эксперимент Майкельсона – Морли не является подтверждением СТО, а опыты Галилея по измерению ускорения свободного падения не являются подтверждением ньютоновской гравитации.

Поэтому, как указывает Э. Захар, соотношение теории и эксперимента не может быть понято вне учета путей построения теории и тех проблем, которые теория должна была, по замыслам ее творцов, решить. Отсюда *тот или иной экспериментальный факт считается новым по отношению к данной гипотезе, если он не был включен в ту проблемную ситуацию, на основе анализа которой данная гипотеза строилась (даже если он был ранее известен).* Факт, новый в темпоральном отношении, может, конечно, оказать гораздо более значительное психологическое влияние. Но это влияние, по Э. Захару, не должно иметь никакого значения для оценки объективного соотношения теории и эксперимента.

Покажем теперь, что переходы от *L* к *L´* и от *L´* к *L˝* не являются гипотезами ad hoc i (*i=*1,2,3).

(1) **i=1.** Гипотеза сокращения тел при движении сквозь эфир может быть проверена в эксперименте, отличном от опыта Майкельсона – Морли (Грюнбаум, 1969). В эксперименте Кеннеди – Торндайка плечи интерферометра имеют разные длины *l* и *L*. По отношению к опытам этого типа первоначальная теория Лоренца *L*, ее модификация *L´* и СТО предсказывают различные разности времен возвращения лучей к полупрозрачному зеркалу:

(2*c*) (L - *l*) (*L´*),

*t2 – t1=* (2*c*) (L - *l*) (*L*),

(2*c*) (L - *l*) (СТО).

Следовательно, *L´* не является теорией ad hoc1. Но может быть она была теорией ad hoc2? Проверял ли кто-нибудь ее следствия до 1905 года? Ответ на этот вопрос будет дан после рассмотрения третьего значения термина.

2) i=3. Является ли *L´* теорией ad hoc3? – Обратимся к работе Лоренца «Теория электронов», изданной впервые в 1909 г. Уже изучение этой работы, обобщающей опубликованные ранее статьи (в частности, исследование 1895 г.) показывает, что Лоренц вывел ГЛФ из более глубокой теории, а именно из Гипотезы Молекулярных Сил (ГМС). Согласно ГМС, «молекулярные силы преобразуются и ведут себя подобно электромагнитным силам». Для Лоренца было вполне естественным предположить, что не существует особого эфира для передачи взаимодействий между молекулами твердых тел, что межмолекулярные взаимодействия распространяются в обычном «электродинамическом» или светоносном эфире. «... Вернемся к той гипотезе, при помощи которой я пытался объяснить результаты майкельсоновского опыта. Мы поймем возможность постулируемого изменения размеров, если будем помнить, что форма твердого тела зависит от сил, действующих между молекулами, и что, по всей вероятности, эти силы передаются через окружающий эфир способом, более или менее похожим на распространение через эту среду электромагнитных взаимодействий. Стоя на этой точке зрения, естественно предположить, что, подобно электромагнитным силам, молекулярные притяжения и отталкивания тоже получают некоторое изменение при сообщении телу поступательного движения. В результате весьма легко может последовать изменение размеров тела» (Лоренц, 1909; 1953, с. 293).

Обратим внимание на то, что ГМС основывается на допущении универсальности и фундаментальности электромагнитных взаимодействий. Это обстоятельство окажется впоследствии, когда мы перейдем к анализу причин, достаточных для отказа от программы Лоренца, решающим.

Итак, ГМС не вводит никаких посторонних, чужеродных элементов в программу Лоренца. Но не ввел ли Лоренц эти элементы при выводе ГЛФ из ГМС? – Нет, при выводе ГЛФ из ГМС автор «Теории электронов» использовал только ГМС и свои преобразования.

«Поэтому, если мы теперь будем понимать под S1 и S2 не системы заряженных частиц, как раньше, но две системы молекул – вторую покоящуюся, а первую движущуюся со скоростью *v* в направлении оси *x…* и если мы предположим, что в обеих системах х-компоненты сил одинаковы, в то время как y и *z* компоненты различаются фактором √1 – *v2*/*c2*, то из этого следует, что силы и в S1, и в S2 находятся в равновесии... Смещение приведет к разрушению равновесия этой системы молекул и вызовет ее сокращение в направлении движения в √1 – *v2*/*c2* раз в согласии с формулами рассмотренного выше параграфа» (Лоренц, 1895, с. 7).

Теория *L´* не является ad hoc3 потому, что ГМС выдвинута в соответствии с эвристикой эфирной программы, согласно которой все физические явления должны объяснятся через возмущения эфира.

Более того, ГМС выдвинута на основе соображений, несвязанных с экспериментом Майкельсона – Морли, а именно: на основе соображений относительно свойств уравнений Максвелла при преобразованиях Лоренца (Захар, 1973). Обратимся для доказательства к истории открытия этих преобразований, впервые использованных автором в качестве математического «трюка» без разумной физической интерпретации (Лоренц, 1892).

В силу того, что уравнения Максвелла записаны для системы отсчета, покоящейся в эфире, для того, чтобы найти поле по движению частиц, необходимо решить уравнение типа

[*c22 – д2*/*дt2*] *f=F* (1)

где *f* – неизвестная функция *x, y, z, t, F –* известная, **оператор дифференцирования по координатам, *c* – скорость света. Решение этого уравнения относится только к покоящейся системме координат.

Поскольку все наши измерения проводятся на движущейся сквозь эфир Земле, мы вынуждены исследовать уравнения поля в движущейся системе отсчета. Используя преобразования Галилея *x=x1 – vt, y=y1, z=z1, t=t1*, Лоренц получил в движущейся системе *S* уравнения более сложные по виду , чем в покоящейся системе *S1*:

[*c22 – д2*/*дt2+2v д2*/*дx дt – v2 д2*/*дx2*] *f=F* (2)

Для решения уравнения (2) необходимо сначала найти преобразования, приводящие его хотя бы к виду (1), то есть преобразования, уничтожающие перекрестные члены типа *д2*/*дx дt* в уравнении (2). И Лоренц нашел преобразования, переводящие оператор [*c22 – д2*/*дt12*] в оператор [*c2´2 – β2 д2*/*дt´2*]. Вот они:

*x´=βx, y´=y, z´=z, t´=t – (vβ2x)*/*c2.*

По отношению к покоящейся в эфире системе S1

*x´=β(x1 – vt), y´=y=y1­, z´=z=z1,*

*t´=t – vβ2x*/*c2= β2(t1 – x1v*/*c2).*

Важно, что Лоренц не воспользовался возможностью совершить дополнительные преобразования *t˝=β-1t´, r˝=r´* и получить преобразования, полностью оставляющие (1) без изменения и известные в современной теоретической физике как преобразования Лоренца. Это означает, что сначала связь между *t1* и *(t1, x1)* задавалась выражением *t´=β2 (t1 – vx1*/*c2),* а не выражением

*t´=β (t – vx1*/*c2)*

как в «настоящих», современных преобразованиях Лоренца, что указывает на то, что соображения инвариантности не имели для Лоренца значения. Его интересы вначале ограничивались только решениями уравнения (2).

Однако, вскоре после написания рассмотренной работы, в том же 1892 году, Лоренц понял, что открытые им трансформационные свойства приводят к интерпретации, которую можно использовать. Действительно, *x´* получается простым умножением *x* на множитель *β*. Для движущейся системы S Лоренц поставил в соответствие систему S´, покоящуюся в эфире. Система S´ получается из системы S растяжением S в β раз вдоль оси x. Наоборот, S является сжатым образом S´. Связь этой физической интерпретации с гипотезой сокращения Лоренца – Фицджеральда теперь очевидна.

Следующий шаг – подсчет сил в системах S и S´. Лоренц обнаружил, что компоненты сил пропорциональны, то есть что равенство сил нулю в одной системе ведет к равенству их нулю в другой. Конфигурация устойчива.

Итак, еще в 1892 г. Лоренц выдвинул гипотезу молекулярных сил, гласящую, что при переходе от покоящейся относительно эфира системы координат к движущейся молекулярные силы преобразуются подобно электростатическим, то есть силы в покоящейся и движущейся системах связаны соотношением *F´=F*. Отсюда легко можно вывести и сокращение Лоренца – Фицджеральда, используя разумное предположение о единственности равновесных конфигураций части тела (подробный вывод см. в «Теории электронов»). ГМС возникла отнюдь не на основе анализа результатов эксперимента. Лоренц знал об опыте Майкельсона с 1887 г. и признавался, что «он был озабочен им некоторое время», но только в 1892 г., после нахождения своих знаменитых преобразований, он выдвинул ГМС. С этой точки зрения, при учете данного Э. Захаром определения новизны факта по отношению к теории, можно даже сделать вывод, что эксперимент Майкельсона – Морли был сильным подтверждением ГМС. *L´* не является теорией ad hoc2. Подобная точка зрения имела немало сторонников и среди современников Лоренца и Эйнштейна, выдвигавших для ее обоснования весомые аргументы. Прежде всего следует отметить работу Брейса (1905, с. 72): «Гипотеза сокращения, несмотря на свою смелость и полностью гипотетический характер, не является невозможной, и только она способна пока объяснить отрицательные результаты опытов второго и третьего порядка по движению тел в эфире. Пуанкаре (Rapports du Conqress de Physique de 1900, Paris, i, pp. 22, 23) выдвинул возражение против электромагнитной теории движущихся тел, согласно которому всякая новая гипотеза выдвигается за каждым новым фактом. Эта критика была достойна встречена Лоренцем в последних работах на эту тему». И далее Брейс приводит важный аргумент в пользу ГЛФ, найденный Газенерлем (Annalen der Physik, band 13, p. 367). При несокращении тел по Лоренцу и Фицджеральду не выполняется второе начало термодинамики.

Как отмечал Д. А. Гольдгаммер (1911, с. 156), «не правда ли, идея возможности изменения размеров тела в безвоздушном пространстве одним актом движения представляется нам чрезвычайно странной! Но вдумаемся немного в суть дела, и оно нам представится в ином свете. В самом деле, все силы внутри материальных тел и, стало быть, так называемые упругие силы, по всем данным, – силы электромагнитного происхождения».

Норман Кемпбелл (1912, с. 432, 434) при рассмотрении ГЛФ указывал на то, что «гипотеза эта в той форме, в какой она высказывается здесь, звучит несколько искусственной, нарочно придуманной, но когда мы рассмотрим ее ближе, мы убедимся, что – как указал Лармор, – для нее имеется достаточное теоретическое основание... С этой точки зрения отрицательный результат опыта Майкельсона – Морли подтверждает, что оптические свойства материи (на которых основан этот опыт) – имеют электрическое происхожде-ние – в чем в настоящее время никто уже не сомневается. Поэтому гипотеза Лоренца – Фицджеральда встретила всеобщее признание, и все полагали, что затруднения, которые возникли, благодаря опыту Майкельсона – Морли, разрешены вполне удовлетворительно».

И, наконец, сам Анри Пуанкаре, впервые обвинивший ГЛФ в ad hoc-ности, на конгрессе в Сен-Луисе (1904 г., США) высоко оценил *L˝* и признал, что в свете этой теории ГЛФ уже не является гипотезой ad hoc. Несмотря на то, что ГЛФ была, по его мнению, сначала задумана для объяснения одного эксперимента, впоследствии она смогла объяснить целую серию опытов второго порядка.

Более того. Если мы будем понимать под содержанием эйнштейновской программы то, что понимают под ним фальсификационисты, и если мы, как и они, примем, что программа Эйнштейна начинается со статьи «К электродинамике движущихся тел», мы придем к заключению, что теорией ad hoc2 является не *L´*, а СТО. Ведь работа по СТО состояла из двух неоднородных частей, каждая из которых основывалась на обобщениях совершенно разных уровней. С одной стороны, первым постулатом СТО является всеобщий «принцип инвариантности». С другой стороны, вторым постулатом этой теории является так называемый «световой посту- лат» – обобщение достаточно низкого уровня, противоречащее интуитивным представлениям о распространении электромагнитных колебаний. В то время как Лоренц вывел ГЛФ из ГМС, Эйнштейн принял за аксиому – без доказательства – что скорость света во всех системах отсчета постоянна. Лоренц был прав: «...основная разница – в том, что Эйнштейна просто постулировал то, что мы с некоторыми затруднениями и не совсем удовлетворительно вывели из фундаментальных уравнений электромагнитного поля» (Лоренц, 1909).

Теория *L˝* или Теория Соответствующих Состояний была предложена Лоренцем в 1904 г. в работе под красноречивым заголовком «Электромагнитные явления в системе, движущейся со скоростью меньшей скорости света». Ее генезис описан одним из современников следующим образом. «Однако если в теории Лоренца ввести это изменение размеров тел при движении, встречается другая трудность. Ведь если, например, кусок стекла действием движения Земли сплющивается по направлению движения, он должен стать двоякопреломляющим свет по направлению, перпендикулярному движению – и такое двойное преломление можно заметить снова при помощи интерференции света. Опыт, однако, этого двойного преломления не обнаружил – опять оказался камень преткновения.

Но всматриваясь в свои формулы, Лоренц заметил в 1904 г., что необходимость двойного преломления исчезает вообще и всякое влияние равномерного и прямолинейного движения на явления электромагнетизма и света для наблюдателя, участвующего в движении, если сделать новое допущение: влиянием движения во-первых изменяется скорость физических процессов, а стало быть направление и ход часов – единица времени, даваемая часами, удлиняется – и во-вторых: всякое место в движущейся системе получает свое собственное время, тем более запаздывающее, чем дальше лежит место по направлению движения, и притом запаздывающее пропорционально скорости движения системы» (Гольдгаммер, 1912, с. 173).

Теория *L˝* не была теорией ad hoc1, ни теорией ad hoc2. Некоторые ее следствия были подтверждены опытами Рэлея, Брейса и Бухерера по отклонению «радиевых лучей» в электрических и магнитных полях уже в 1902 – 1908 гг. Как указывает Э. Захар, методологическое значение теории *L˝* состоит в том, что она легко может быть усовершенствована вплоть до полной эмпирической эквивалентности СТО.

Действительно, уравнения Максвелла справедливы относительно покоящейся в эфире системы отсчета. Рассмотрим движущуюся сквозь эфир систему *S´* с наблюдателем О. Если бы измерительные приборы О не были затронуты этим движением, то измеренные им длины тел, промежутки времени между событиями и напряженности полевых величин были бы связаны друг с другом соотношениями, гораздо более сложными, нежели уравнения Максвелла. В частности, скорость света не была бы одной и той же во всех направлениях, так что наблюдатель легко мог бы обнаружить состояние равномерного движения. Но теория *L˝* утверждает, что все инструменты для измерения меняются так, что **действительно** измеряемые величины (то есть *t´, x´, y´, z´, E´, H´, ´***удовлетворяют уравнениям Максвелла. Поэтому скорость света в *S* также равна *c*. Наблюдатель может даже вообразить, что он находится в системе *S´*, покоящейся в эфире. В этой системе *x´, y´, z´, t´,* – **действительные** координаты событий. Эта «фиктивная система» была названа состоянием, соответствующим *S*. Таким образом, Лоренц ввел в теорию *Z˝* системы трех типов:

(*t, x, y, z*) → (*t, x, y, z*) → (*t´, x´, y´, z´*)

↓ ↓ ↓

# S´ S S´

Но полная эмпирическая эквивалентность СТО была достигнута не сразу. В 1904 г. Лоренц записывает уравнения Максвелла в движущейся системе так, что за исключением разницы в интерпретации ´и *и´*, они совпадают с уравнениями эйнштейновской «электродинамики движущихся тел». «Ошибка» Лоренца в выводе преобразования для плотности заряда неслучайна. Она вызвана трудностями в интерпретации локального времени *t´*. В 1904 г. Лоренц еще не осознал, что локальное или эффективное время *t´* и есть время, измеряемое движущимися часами.

Следующим этапом развития программы Лоренца (см. также Голдберг, 1967, 1970) явились работы Пуанкаре (1905, 1906), в которых он установил полную ковариантность уравнения Максвелла за счет введения правила преобразования плотности заряда. Важно подчеркнуть, что Пуанкаре работает в рамках программы Лоренца, но не Эйнштейна. Сокращение тела вдоль направления движения у Пуанкаре вызвано не структурой пространства и времени, как описал бы это явление Эйнштейн, а реальной физической силой.

**Заключение к § 2 гл. 4.** Раскрыты неудовлетворительность индуктивистского и фальсификационистского объяснений победы Эйнштейна над Лоренцем. Показано, что теории, выдвигавшиеся в рамках программы Лоренца, по крайней мере до 1905 г. не были теориями ad hoc.

**§ 3. Анализ реконструкции Лакатоша – Захара**

Как убедительно продемонстрировал Э. Захар (1973), теория Лоренца может быть развита до такой степени, что все ее эмпирические предсказания будут совпадать с предсказаниями СТО. Поэтому, хотя анализ связи теорий с известными или вновь открываемыми фактами и необходим, сравнение этих двух теорий – СТО и *L˝* и эмпирическими данными не может отдать предпочтение ни одной из них. Действительное объяснение причин принятия СТО может дать только анализ эвристических возможностей программ Лоренца и Эйнштейна. Эти программы различаются прежде всего «твердым ядрами» и «эвристиками». Как бы ни было общо и нефальсифицируемо «твердое ядро», какие бы абстрактные философские положения оно ни включало, будучи примененным с достаточной степенью изобретательности к анализу частных случаев, оно может стать мощным оружием создания новых теорий. Философия может и должна сыграть важную роль в начинании новой программы, особенно когда старая НИП развивается эмпирически-регрессивно. Но, конечно, триумф программы может быть достигнут только «эмпирическими средствами». Какой бы интересной она ни была, программа прежде всего будет оцениваться учеными с точки зрения ее способности объяснять и предсказывать новые данные. Победа одной из конкурирующих программ зависит прежде всего от того, чье «твердое ядро» обеспечит «эмпирически-прогрессивный сдвиг решаемых проблем».

По Э. Захару, программа Лоренца «прогрессировала» вплоть до 1905 г., но была превзойдена программой Эйнштейна в 1915 г. благодаря созданию общей теории относительности. Именно создание эйнштейновской теории гравитации обеспечило объяснение таких наблюдательных данных – так называемых «критических» эффектов ОТО (смещение перигелия планеты Меркурий, отклонение лучей света в гравитационном поле, красное смещение спектральных линий), – которые программа Лоренца объяснить уже не смогла.

Несмотря на то, что работы Имре Лакатоша и Эли Захара явились несомненным шагом вперед по сравнению с индуктивизмом и «наивным» или «догматическим» фальсификационизмом (термины И. Лакатоша), более тщательный логико-методологический и историко-научный анализ не позволяет согласиться с данным Э. Захаром позитивным решением проблемы.

Захаровская рациональная реконструкция перехода «Лоренц – Эйнштейн» состоит в попытке дать последовательные ответы на следующие, им же самим поставленные вопросы.

1. В чем состояли причины отказа Эйнштейна от дальнейшей разработки программы Лоренца и выдвижения своей собственной программы?

2. Почему после выдвижения «релятивистской программы» такие видные ученые как Г. Минковский, М. Планк, Д. Льюис, Р. Толмен, М. Лауэ, А. Зоммерфельд и другие стали работать именно в ее русле, а не в рамках соперницы?

3. Когда прогрессивное развитие программы Лоренца сменилось ее регрессом?

Но с предложенными Э. Захаром ответами нельзя согласиться, поскольку его рациональная реконструкция обладает следующими выявленными историками и философами науки недостатками.

(А) Историко-научные данные свидетельствуют о том, что большинство ведущих физиков того времени отказалось от теории эфира уже в 1910 – 1912 гг. (Шаффнер, 1974).

(Б) Согласно Э. Захару, именно создание общей теории относитель-ности (ОТО) обеспечило «вытеснение» программы Лоренца. Но:

(а) уже к лету 1915 г. СТО была принята и начала использоваться научным сообществом настолько широко, насколько ОТО не применялось и спустя 30 – 40 лет после 1915 г. (Кун, 1980).

(б) Программа Лоренца обеспечивает подлинное объяснение постоянства скорости света во всех инерциальных системах отсчета. В этом отношении она гораздо ближе к ОТО, чем к СТО, где постоянство скорости света не объясняется, а просто принимается за аксиому (Фойерабенд, 1976).

(В) Э. Захар нигде не формулирует, как заметил П. Фойерабенд, в чем состоит «твердое ядро» **всей** программы Эйнштейна (СТО+ОТО). Анализируя захаровскую реконструкцию, можно заключить, что программы Лоренца и Эйнштейна частично эмпирически-эквивалентны потому, что их «твердые ядра» содержат одни и те же элементы (в частности, уравнения Максвелла). Но тогда конвенционалистский произвол в определении содержания «твердого ядра», относительности разбиения на «ядро» и «эвристику» и разрешение радикальных изменений в позитивной эвристике, свойственные методологии И. Лакатоша, позволяют не менее убедительно, чем это сделал Э. Захар, описать переход «Лоренц – Эйнштейн» не как конкуренцию программ, а как замену одной, старой программы Лоренца, другой – новой программой Эйнштейна. Скажем, эвристику этой программы Эйнштейна можно легко представить как следствие радикального изменения эвристики программы Лоренца. Ведь Э. Захар помещает в эфир – центральный компонент программы Лоренца – в ее позитивную эвристику, но не в «твердое ядро». Он мотивирует это тем, что «твердое ядро, по определению, неизменно, а в истории науки существовало столько эфиров, сколько было эфирных теоретиков, и даже, возможно, больше, поскольку эти теоретики часто меняли воззрения на свойства своих эфиров» (Захар, 1978, с. 51). Можно было бы в полном соответствии с методологией НИП, утверждать, что новая программа была «привита» (Лакатош, 1970) к старой. Переход «Лоренц – Эйнштейн» можно было бы описать так: эвристика программы Лоренца «выдохлась» после неудач механической интерпретации эфира. Функция последнего начала сводиться к тому, чтобы являться лишь носителем электромагнитных колебаний. Постепенно, вместо того, чтобы узнавать об эфире из поля.

Подлинная конкуренция программ возможна только тогда, когда их «твердые тела» альтернативны. Но подобное рассмотрение требует выхода за пределы методологии И. Лакатоша.

(Г)

(а) Научное сообщество с 1905 до 1912 гг. не знало никакой «релятивистской программы»: в области электродинамики движущихся тел работы Эйнштейна не отделялись от работ Лоренца (Миллер, 1973). Современники Лоренца и Эйнштейна говорили об «электронной модели Лоренца – Эйнштейна», о «принципе относительности Лоренца и Эйнштейна» и т.п. (кауфман, 1906; Планк, 1906; Борн, 1911; Юттнер, 1911; Пейдж, 1912)

(б) Как отмечалось выше, Э. Захар нигде не анализирует «ядро» **всей** программы Эйнштейна, хотя и рассматривает программу, содержащую принцип относительности вместе с постулатом постоянства скорости света. Уже к концу 1905 г. эта программа вступила в стадию регресса, в то время как программа Лоренца продолжала «прогрессировать». Вывод формулы E=Mc2 не был привилегией релятивистской программы. Впервые это выражение было получено О. Хевисайдом, а в 1904 г. – Г. Лоренцем.

(в) Г. А. Лоренц высоко оценивал эйнштейновскую реинтерпретацию уравнений электронной теории, но никогда с ней не соглашался. Он верил в существование эфира до конца своей жизни, равно как и в значимость понятий абсолютного времени и пространства (см., например, Нерсесян, 1986). Но в то же самое время Лоренц был восхищен общей теорией относительности, и сделал фундаментальный вклад в нее в 1914 – 1917 гг. Он рассматривал физическое пространство ОТО как выполняющее роль эфира своей электронной теории. И Эйнштейн был с этим согласен (Мак-Кормак, 1970).

(г) Более того (Илли, 1981, с. 209), поскольку Э. Захар определил новый факт как не относящийся к проблемной ситуации новой гипотезы, он вынужден убедить читателя, что смещение перигелия Меркурия не относилось к проблемной ситуации создания ОТО. Но история говорит о другом. Аномальное смещение перигелия Меркурия в действительности **относилось** к проблемным ситуациям всех нестационарных теорий гравитации (Субботин, 1956: Визгин, 1981). А сам Эйнштейн особо выделял смещение перигелия как проблему, требующую решения, еще в 1907 г., за восемь лет до триумфа ОТО.

Учет недостатков (А) – (Г) позволяет заключить, что захаровская реконструкция является неудовлетворительной даже по стандартам самой методологии НИП, то есть той методологии, которая послужила основой работы Э. Захара. В самом деле. Методология И. Лакатоша предлагает определенные критерии оценки изменений в науке, которые применимы лишь к исследовательским программам, но никак не к отдельным теориям. Эти критерии позволяют судить о **развитии** программы, но отнюдь не о ее состоянии и размерах в какой-то определенный момент времени. И развитие НИП оценивается, по меткому замечанию П. Фойерабенда, только в **сопоставлении** с развитием ее соперницы, но никак не само по себе.

Согласно Лакатошу, все методологии науки – и индуктивизм, и фальсификационизм, и методология НИП, – функционируют как историографические (или метаисторические) исследовательские программы и «могут быть подвергнуты критике за счет критического сопоставления следующих из них рациональных реконструкций» (Лакатош, 1978, с. 238). Но эта критика не должна пониматься в наивно-фальсификационистском, попперовском смысле, то есть как окончательное опровержение рассматриваемой методологии. Она должна проводиться при помощи понятийного аппарата методологии НИП. Прежде всего, это означает, что методологии должны быть «фальсифицированы» не по одиночке, а попарно. Предпочтение должно отдаваться той из них, в которую укладывается большее число историко-научных данных. Методология Лакатоша превосходит все прочие методологии или «теории рациональности» потому, что она представляет собой «прогрессивный сдвиг решаемых проблем в последовательности исследовательских программ рациональных реконструкций» (Лакатош, 1973, с. 238). В рамках методологии НИП мы можем реконструировать как рациональную большую часть реальной научной деятельности, нежели в индуктивистской и фальсификационистской «теориях рациональности». В задаваемых этими методологиями рациональных реконструкциях ученые в своих суждениях либо слишком медлительны, либо чересчур поспешны. Но и в захаровской реконструкции поведение ученых также иррационально (хотя и в значительно меньшей степени), как и в критикуемых Лакатошем индуктивистской и фальсификационистской концепциях. Если верить Захару, то научное сообщество физиков чересчур поспешно присоединилось к Эйнштейну до 1915 г. и слишком помедлило отличить программу Эйнштейна от программы Лоренца до 1910 г. Более того.

(Д) Цель программы Лоренца состояла в объяснении явлений электродинамики движущихся тел на основе многообразных процессов, протекающих в соответствии с уравнениями Максвелла в свободном от материи эфире. Только **часть** этой программы была превзойдена специальной и общей теориями относительности к 1915г. Все остальное **было** превзойдено квантовой теорией. До тех пор, пока мы не признаем, что три эйнштейновских работы 1905 года и поздние исследования по статистике были частями единой, но пока невыявленной программы, мы не можем утверждать, что программа Лоренца была превзойдена как целое какой-либо другой программой (Фойерабенд, 1974).

Мы полагаем, что некоторые недостатки реконструкции Захара связаны со следующими недостатками лежащей в ее основе методологии НИП.

Во-первых, в концепции Лакатоша практически отсутствуют указания на то, как **возникают** «твердые ядра» исследовательских программ. Методология НИП может работать только с готовыми, сформировавшимися ядрами. Но отсутствие описания процесса возникновения ядер чревато серьезным методологическим не-достатком: где гарантия, что в той или иной рациональной реконструкции мы определили «твердое ядро» исследуемой программы правильно? В данном случае особенно наглядным примером являются статьи единомышленников И. Лакатоша, опубликованные в сборнике «Метод и Оценка в Физических Науках» под редакцией Колина Хаусона. Как справедливо отмечает Т. Кун, (1980, с. 188), авторы этого сборника «избегают упоминаний о том, что действительно привлекало ученых в различных исследовательских программах или, наоборот, отталкивало от них». Но тогда непонятно, почему, скажем, именно Лоренц выдвинул наиболее адекватную «твердому ядру» метафизику, а не Вин, не Ланжевен, не Планк? Известно, что эти исследователи не менее активно и плодотворно разрабатывали те же проблемы и в то же самое время, что и автор «Теории электронов».

Далее И. Лакатош нигде явно не формулирует критерия выбора между более адекватной и менее адекватной конструкциями одного и того же периода в рамках методологии НИП. Его сторонники могут, конечно, ввести этот критерий по аналогии с другими рассмотренными Лакатошем случаями. Выбор между различными интерпретациями содержания твердых ядер одних и тех же НИП должен производиться за счет сравнения внутренних исторических описаний, то есть так, как проводится выбор между конкурирующими методологиями. Но, сравнивая между собой соперничающие «теории рациональности», Лакатош с необходимостью предполагает существование определенного «банка» исторических «фактов» – того, что он называет «действительной историей». Лучшая методология – та, которая классифицирует как «внутреннее» большую часть содержимого этого банка. Тем не менее, как справедливо отмечает Томас Кун, «действительная история» того сорта который требуется Лакатошу, – это миф» (Кун, 1980, с. 184). Согласно Куну, когда Лакатош обращается к истории – для того, чтобы проиллюстрировать возможности методологии НИП, например, – он отнюдь не отбирает элементы своего повествования из «действительной истории», но создает их из данных других исследователей.

Не менее важно, что при формулировке своего критерия Лакатош опирается на позитивистские взгляды на соотношение теории и факта, столь убедительно раскритикованные им в области методологии естественных наук. Ведь взгляд на историю как науку, имеющую дело с фактами, и только с фактами, характерен прежде всего для историографического позитивизма. В соответствии с позитивистской гносеологией, факт – это нечто непосредственно данное в восприятии. Когда позитивисты говорят, что наука сначала устанавливает факты, а затем уже открывает законы, то под фактами здесь понимается нечто непосредственно наблюдаемое учеными. Например, то, что у данной морской свинки после введения данной бактерии развился столбняк. Если кто-нибудь усомнится в этом факте, то опыт можно повторить с другой морской свинкой.

В истории же слово «факт» имеет совсем другое значение. Как тонко замечает английский историк и философ Робин Дж. Коллингвуд, «факт того, что во втором столетии легионы начали полностью набираться за пределами Италии, не дан нам непосредственно. Мы приходим к нему с помощью логического вывода в ходе интерпретации данных в соответствии со сложной системой правил и постулатов» (Коллингвуд, 1980, с. 128).

Во-вторых, в методологии Лакатоша в процессе выбора между программами чрезмерная роль отводится критерию «плодотворности», то есть способности предсказывать новые факты. Этот критерий, несомненно, играет важную роль по очевидным причинам. Но он – не единственный, вопреки напрашивающемуся из методологии НИП выводу. Следствие переоценки данного критерия – искаженное описание процесса смены фундаментальных научных теорий.

Несмотря на то, что для Лакатоша действительные оценки соперничающих программ всегда сопоставительны, критерий, производящий оценку, **применим и к одной-единственной программе, взятой изолировано.** В процессе выбора между конкурирующими программами методолог сначала оценивает каждую из них по шкале плодотворности, и только **потом** сравнивает полученные данные между собой (Кун, 1980).

Но когда необходимо сравнивать две программы, то есть когда решение принять одну с необходимостью связано с отказом от другой, положение в корне меняется. Критерий «плодотворности» оказывается недостаточным. Программа-победительница должна не только успешно предсказать новые «факты», но и сохранить все позитивные результаты вытесняемой НИП. Именно в этом случае успехи одной являются неудачами другой.

В итоге, «когда выбор производится между двумя исследовательскими программами, последняя по времени является попыткой решить **конкретные** затруднения, обнаруженные в практике старшей по возрасту программы. В естественных науках, в отличие от искусства и, возможно, от математики, новые подходы обычно возникают не там, где старые не смогли обеспечить новые результаты. Напротив, их возникновение требует предварительного провала старых подходов в решении проблем, лежащих в пределах их компетенции» (Кун, 1980, с. 190). В процессе соревнования немалую роль играет история «старой» теории, аномалии, возникшие **до** появления «новой» программы. Например, в случае перехода «Лоренц – Эйнштейн» многие сторонники Эйнштейна были привлечены той легкостью, с которой СТО отбрасывала (но – не решала) общепризнанные трудности теории эфира. Во всех случаях жестокость методологии НИП должна быть «смягчена» (по выражению Т. Куна) историко-научными данными.

В-третьих, как указывалось в литературе (Мамчур, 1975), стандарты методологии НИП неэффективны. Они дают лишь описание проблемной ситуации, в которой отдельный исследователь может оказаться, но никак не советы, как ему из этой ситуации выбраться. Если исследовательская программа регрессирует, ученый вправе отказаться от работы в ее рамках и может перейти к другой, «преуспевающей». Но он также вправе, с точки зрения методологии Лакатоша, и оставаться в рамках старой. А вдруг она начнет «прогрессировать»? Поэтому стандарты методологии НИП «произвольны, субъективны и иррациональны... Они всего лишь указывают на то, что критические рационалисты хотели бы иметь на данном этапе развития их идеологии» (Фойерабенд, 1976, с. 321).

Один из сторонников Имре Лакатоша – Алан Масгрейв – попытался избавиться от этого недостатка указанием на то, что советы, обеспечиваемые методологией НИП, адресованы не отдельным ученым, а «науке,... сообществу ученых как единому целому» (цит. по статье Фойерабенда, 1976). Эти советы должны запрещать всеобщее принятие регрессирующей программы или всеобщее увлечение успешной программой и должны позволять каждому ученому идти своей дорогой». Мы не можем осуждать Пристли за его приверженность теории флогистона, но мы осудили бы сообщество химиков конца девятнадцатого столетия если бы все они сделали то же самое». А. Масгрейв утверждает, что методология НИП предписывает науке «затрачивать усилия на исследование нерешенных проблем» (с. 23). «Прогрессирующая программа создает больше проблем, чем регрессирующая», поэтому «ученые должны затрачивать больше энергии на прогрессирующие программы, чем на регрессирующие» (с. 24). Но как же так, ведь, согласно самой методологии Лакатоша, каждый успех прогрессирующей программы одновременно является проблемой для программы регрессирующей? Именно регрессирующая программа создает больше проблем! Поправка Масгрейва дела не меняет (Фойерабенд, 1976).

В-четвертых, лакатошевсое разделение истории науки на «нормативно-внутреннюю» и «эмпирически-внешнюю» части весьма проблематично. Согласно создателю методологии НИП, каждая методология обеспечивает свою, «внутреннюю» или рациональную реконструкцию истории науки. Каждое такое внутреннее объяснение должно быть дополнено внешним, объясняющим скорость, место и т.п. действия рациональных факторов. При этом «рациональная реконструкция или внутренняя история первична, а внешняя история только вторична, поскольку наиболее важные проблемы внешней истории определяются историей внутренней» (Лакатош, 1978, с. 231). Но последовательное применение «внутреннего» критерия должно привести к такой «теории рациональности», в которой все действия ученых в течение некоторого периода рациональны, что с очевидность противоречит как фактам истории науки, так и здравому смыслу. Наоборот, чем тщательнее изучаются действия ученых и их работы, тем больше в них обнаруживается самых простых, даже арифметических и логических ошибок.

Ключ к устранению этого недостатка лежит в замечании Лакатоша, что «внутренняя история – это не столько совокупность методологически-проинтерпретированных фактов, сколько их радикально *улучшенная* (курсив мой – **Р.Н.**) версия» (Лакатош, 1978, с. 233). Положение может быть «исправлено», если мы примем, что последующая методология лучше предыдущей потому, что она дает более **глубокое** понимание событий, чем предыдущая. «Внутренняя история» – это просто совокупность фактов, лучше иллюстрирующих найденные законы развития науки. Нет необходимости противо-поставлять рациональную реконструкцию историческому повествованию» (Элкана, 1973, с.245). Чем лучше методология, тем более точно описание исторической ситуации она дает.

**В-пятых,** как указывает Т. Кулка (1977, с. 342), методология НИП позволяет программе «прогрессировать» даже на несовместимых между собой основаниях. Но в силу элементарного правила формальной логики из внутренне-противоречивой системы аксиом может быть получено любое следствие. Поэтому в рамках такой программы может быть предсказано (или включено в нее «задним числом») любое открытие, и теоретический рост всегда будет опережать рост эмпирический – эта программа всегда будет «прогрессивной». Следовательно, такие программы не только допускаются, но и приветствуются в методологии Лакатоша.

Методологическая модель, учитывающая приведенные выше замечания, уже была нами представлена. Цель следующей главы – создать на основе этой модели такую реконструкцию перехода «Лоренц – Эйнштейн», которая принимает во внимание (А) – (Д) и обеспечивает тем самым историографически-прогрессивный сдвиг решаемых проблем по отношению к захаровскому объяснению. Мы попытаемся показать, что как три эйнштейновские статьи 1905 года, так и опубликованные раньше и позже работы по статистической механике и квантовой теории были частями единой исследовательской программы объединения классической механики и классической электродинамики. Лоренц пытался решить проблему объединения за счет редукции механики к электродинамике. Несостоятельность его эфирной программы была выявлена неудачами попыток построения чисто электромагнитной теоретико-полевой модели электрона. Единая программа, задуманная Эйнштейном для объединения механики и электродинамики, позже разбилась на две подпрограммы – квантовую и релятивистскую – развивавшиеся относительно самостоятельно друг от друга. Результаты Э. Захара, относящиеся к развитию «релятивистской» ветви, в целом приемлемы, но лишь как описание одного аспекта перехода «Лоренц – Эйнштейн». Для более глубокого понимания как причин создания СТО, так и причин победы Эйнштейна над Лоренцем необходимо значительно расширить область историко-научных данных, которые принято классифицировать как имеющие отношение к рассматриваемому переходу. Надо включить в нее историю квантовой теории. Мы не можем понять причины создания СТО без работ Эйнштейна по квантовой теории. Характерно, что именно рассмотрение развития программы Эйнштейна как процесса объединения механики и электродинамики позволяет объяснить факт практически одновременной публикации всех трех эйнштейновских шедевров. Кроме этого, наиболее красноречивого «факта», предлагаемая нами в следующей главе реконструкция позволяет перевести из случайных в рационально-объясненные следующие историко-научные данные.

(1) Работа Эйнштейна, в которой в физику вводились кванты света – фотоны – была опубликована на три месяца **раньше** работы по СТО**.**

(2) Научное сообщество физиков начала двадцатого века практически одновременно отказалось от классической теории излучения и от «эфирной» программы Лоренца.

(3) Попытки построения теоретико-полевой модели электрона и соревнование программ Лоренца и Эйнштейна тесно связаны.

(4) Работы 1905 г. связаны с последующими и особенно предшествующими работами Эйнштейна.

**Заключение к § 3 гл. 4.** Выявлена недостаточность объяснения причин победы Эйнштейна над Лоренцем, предложенного Э. Захаром. Оно не удовлетворяет даже тем критериям, которые были сформулированы самим И. Лакатошем.

ГЛАВА ПЯТАЯ

**НОВАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕНЫ ТЕОРИИ ЛОРЕНЦА СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ**

**§ 1. Генезис, развитие и обнаружение принципиальной нереализуемости программы Лоренца**

Все описания электромагнитных взаимодействий до Максвелла – теории Ампера, Вебера, Римана и др. – были теориями мгновенного действия (дальнодействия) между несколькими материальными точками. До «Трактата об Электричестве и Магнетизме» единственным элементом физической реальности была Материальная Точка. Именно благодаря Фарадею и Максвеллу, в качестве равноправного элемента физической реальности, в науку вошло Электромагнитное Поле. «Это изменение представлений о реальности является наиболее глубоким и плодотворным из всех, которые знала физика после Ньютона... Установленные с тех пор и добившиеся успеха физические теории являются скорее компромиссами между обеими программами. Именно из-за своего компромиссного характера эти системы носили на себе печать недолговечности и логического несовершенства» (Эйнштейн, 1965, с. 46).

Рассогласованность выводов механики и электродинамики (подробнее см. Омельяновский, 1973; Миллер, 1974; примеры второй главы) привела к генезису редукционистской программы сведения электродинамики к механике. Ньютоновская механика была признана «фундаментальной теорией», а максвелловская электродинамика – «частной». Фундаментальная проблема редукционистской программы Максвелла состояла в построении механической модели эфира, способного передавать электромагнитные взаимодействия. Выявление принципиальной нереализуемости этой программы (в частности, демонстрация Лоренцем того, что в эфире неизбежно присутствуют как продольные, так и поперечные колебания) вынудило Максвелла начать рассматривать механические модели эфира как только «иллюстративные, но не объяснительные». В статье, написанной для Британской Энциклопедии и опубликованной накануне смерти – в 1879 году – создатель теории электромагнитного поля, рассмотрев предложенные (начинания с Декарта) модели эфира и признав их одинаково неудовлетворительными, приходит к выводу: «Единственный сохранившийся пока эфир – это тот, что был *изобретен* (курсив мой. **– Р.Н.**) Гюйгенсом для распространения света».

Позже прямой наследник Максвелла – Гендрик Антоон Лоренц – вынужден был признать двойственный характер физической реальности. Он ввел понятие электрического заряда, дополнил систему уравнений Ньютона системой уравнений Максвелла, добавив выражение для силы взаимодействия между полем и зарядом («силы Лоренца»). Как и Максвелл в последние годы жизни, Лоренц выступал **против** механистической интерпретации эфира. «Хотя мы все интересуемся этим «состоянием», нам вовсе не надо как-нибудь его себе наглядно представлять; и действительно, мы не можем сказать о нем слишком много. Правда, мы можем вообразить себе существование внутренних напряжений в среде, окружающей наэлектризованное тело или магнит... Все это и было проделано многими физиками, и сам Максвелл положил этому начало. Однако реальной необходимости в этом нет: мы можем широко развить теорию и выяснить ряд явлений, не прибегая к умозрительным представлениям такого рода. И действительно, ввиду тех трудностей, к которым приводят эти представления, в последние годы появилась тенденция избегать их вовсе и строить теорию на небольшом числе предположений более общего характера» (Лоренц, 1909; цитируется по работе Лоренца, 1953, с. 20). Эти взгляды разделяли и многие его современники.

«Мы должны при этом принять свойства эфира такими, какими мы их найдем, исследовать их, пользуясь имеющимся у нас опытом, и постараться соединить в картину, лишенную противоречий. При этом мы не должны смущаться, как это часто, и по-моему очень несправедливо, делают, если окажется, что эти свойства совершенно иные, чем у твердой, жидкой и газообразной материи» (Ленард, 1910, с. 11).

Как отмечал в одном из популярных учебников по электродинамике профессор Грейфсвальдского университета Густав Ми (1912, с. 10), «все явления в эфире могут быть изучаемы лишь по их действиям на материальные тела. Эти особенности физики эфира в недавнее время дали повод многим физикам высказаться за упразднение самого термина «эфир», так как слишком уж вошло в привычку соединять с этим словом представления о чем-то материальном».

Один из авторитетнейших русских физиков начала века указывал на то, что «очевидная простота физических свойств пустоты, я думаю, никаким словом не выражается так кратко и полно, как старинным греческим названием «эфир»; и, если, из-за механических злоупотреблений последнего времени, это название обесценилось, то не следует его отвергать совершенно, но нужно попытаться вернуть ему прежнее значение» (Хвольсон, 1912, с. 10).

С самого начала своей научной карьеры Лоренц попытался объединить идеи Френеля о взаимодействии материи с эфиром с теорией Максвелла и «атомистическими представлениями об электричестве Вебера и Клаузиуса» (Голдберг, 1969, с. 983). Уже в докторской диссертации, завершенной в 1875 г. и посвященной проблемам рефракции света, Лоренц показал, что продольные колебания эфира, представленного в качестве упругой жидкости, не затухают. Поэтому-то он и стал склоняться к «электромагнитному» эфиру с неопределенными свойствами. Таким образом, механически соединив базисные объекты обеих теорий, «... Лоренц добился синтеза механики Ньютона и теории Максвелла. Слабость этой теории состоит в том, что она пытается постигнуть явления сочетанием уравнений в частных производных и уравнений в полных производных (уравнений движения точки). Этот прием – противоестественный. Мало удовлетворяющая часть теории явно проявляется в необходимости уклоняться от того факта, что существующее на поверхности электромагнитное поле становится бесконечно большим. Теория была неспособна объяснить огромные силы, которые удерживают электрические заряды на отдельных частицах... Впрочем, у него (то есть у Лоренца – **Р.Н.**) было одно соображение, которое выходило за рамки его теории. Вблизи электрически заряженного тела имеется магнитное поле, которое вносит видимый вклад в его инерцию. Нельзя ли объяснить общую инерцию частиц электромагнитным путем? Ясно, что эта задача могла быть разработана удовлетворительно, только если частицы могли интерпретироваться как регулярные решения электромагнитных уравнений в частных производных» (Эйнштейн, 1965, с. 46; см. также Кузнецов, 1966, Франкфурт и Френк, 1966).

Итак, Лоренц имел возможность реализации программы, обратной максвелловской. Классическая электродинамика стала фундаментальной теорией этой программы, а теория Ньютона – частной. Фундаментальная проблема программы Лоренца состояла не в механической интерпретации поля, а наоборот – в построении теоретико-полевой модели элементарной частицы – электрона. «Действительно, одно из важнейших основных наших положений будет заключаться в том, что эфир не только занимает все пространство между молекулами, атомами и электронами, но что он и проникает все эти частички. Мы добавим гипотезу, что, хотя бы частички и находились в движении, эфир всегда остается в покое. Мы можем примириться с этим, на первый взгляд поразительным представлением, если будем мыслить частички как некоторые местные изменения в состоянии эфира. Эти изменения могут, конечно, очень хорошо продвигаться вперед, в то время как элементы объема среды, в которой они наблюдаются, остаются в покое...» (Лоренц, 1909; цит. по работе: Лоренц, 1953, с. 32). Это предположение вело к тому, что в теории Лоренца объемная плотность заряда есть «непрерывная функция координат, так что у заряженной частички нет резкой границы; напротив, она окружена тонким слоем, в котором плотность непрерывно падает от того значения, которое она имеет внутри электрона, до нуля» (там же).

В Германии сходная программа разрабатывалась начиная с 1894 г., Э. Вихертом. Он указывал, что наиболее важное свойство материи – ее масса – должно быть объяснено из действия заряженной частицы на саму себя (Мак-Корммак, 1970).

В Англии одним из наиболее активных сторонников программы был Джозеф Лармор, рассматривавший материю как состоящую из вращательных натяжений в эфире. Ведущие физики викторианской Англии – включая Дж. Дж. Томсона – полагали, что и силовые линии, и электрические частицы должны быть сведены к вихрям и напряжениям в эфире.

В Росси в речи, произнесенной «в торжественном собрании Казанского Университета» 5 ноября 1890 г. приват-доцент Д. А. Гольдгаммер заявил, что «стремление к открытию единства в многообразии не позволяет нам довольствоваться добытым; оно толкает нас вперед и вперед, оно подсказывает нам дальнейшие и дальнейшие обобщения: если эфир есть агент, которому обязана своим существованием чуть ли не половина всех физических явлений, не сведется ли к той же основной причине и другая половина? И это обобщение не смелее и не решительнее того, какое уже сделано: ведь от эфирного происхождения света и электромагнетизма к эфирному происхождению обыкновенной материи с ее инерцией и тяготением скачок никак не больше и не смелее, чем от двух электрических и магнитных жидкостей к электромагнитному происхождению солнечного луча. Немного нужно смелости, чтобы и теперь сказать, что физика будущего будет «механикой эфира» (Гольдгаммер, 1890, с. 7).

Но наиболее страстным защитником редукционистской программы был, несомненно, Вильгельм Вин. Именно он неустанно пропагандировал главную задачу физики – сведение воедино изолированных областей механики и электродинамики. В то время как Томсон, Максвелл, Больцман и Герц пытались вывести законы электродинамики из законов механики, Вин, начиная с 1900 г., намеревался продемонстрировать, что законы Ньютона являются частным случаем уравнений Максвелла. И ему удалось показать, что первый закон Ньютона в точности выполняется – это закон сохранения электромагнитной энергии. Справедлив и второй закон, – если мы примем, что работа, совершенная силой, в точности компенсируется изменением электромагнитной энергии. Но вот третий закон применим только к силам между покоящимися зарядами. Для движущихся зарядов он несправедлив (см. подробнее Мак-Корммак, 1970).

Для боле точной оценки редукционистской программы важно следующее высказывание одного из современников Лоренца и Вина (Комшток, 1908, с. 1):

«Допускает или нет инерция материи полное электромагнитное объяснение – это вопрос, решение которого – с любой степенью общности – займет много лет. Эксперименты Кауфмана, судя по всему, доказывают, что в случае единичного электрона его масса – чисто электромагнитного происхождения. Поэтому невозможно избежать заключения, что по меньшей мере часть обычной материальной инерции является электромагнитной. Несомненно, что имеется чисто психологическая причина нашего сопротивления принятию полностью электромагнитного объяснения, – постоянное общение с весомыми телами, делающее нас невосприимчивыми к принятию чего-то более фундаментального; но все же если мы хотим в наибольшей степени избавиться от предрассудков и принять хорошо проверенную тактику выбора наиболее простой теории из всех имеющихся и адекватно описывающих явления теорий, – такой теории, которая содержит наименьшее число переменных, – то мы должны принять полностью электромагнитное объяснение, включающее только эфир и его свойства».

С самого своего зарождения программа Лоренца непрерывно «прогрессировала» – все большее число ее теоретических предсказаний получало получало блестящее экспериментальное подтверждение. К последним относятся: вычисление коэффициентов Френеля (1892 – 1895), эксперименты Рентгена (1892), Эйхенвальда (1903), Блондло (1901), поставивишие под сомнение конкурировавшую с лоренцевской теорию Герца; формула дисперсии (1892), эффект Зеемена (1897), сокращение Лоренца – Фицджеральда (1892 – 1909), эффект Пельтье, закон Видемана – Франца и другие следствия электронной теории металлов (1904 – 1905).

Но, несмотря на блестящие успехи, судьба программы в целом зависела от проблемы конструирования теоретико-полевой модели электрона. Необходимо было не только и не столько избавиться от электрического соединения корпускулярных и полевых представлений, сколько до конца объяснить результаты эксперимента Майкельсона – Морли. Та же эвристика, которая способствовала выдвижению Гипотезы Молекулярных Сил, заставляла идти дальше. До 1904 г. ГМС применялась только макроскопически. Надо было распространить сокращение Лоренца – Фицджеральда и на отдельный электрон. И опыт как будто подтверждал возможность подобной экстраполяции: были проведены эксперименты по отклонению «радиевых лучей» в электрическом и магнитном полях (см. подробнее Мак-Корммак, 1970). Особенно показательны опыты Бухерера, блестяще подтвердившие в конечном счете теорию Лоренца.

Но решающими оказались теоретические исследования. В 1906 г. появилась статья А. Пуанкаре, в которой было убедительно показано, что **сжимаемый электрон может рассматриваться как устойчивое образование, только если мы примем предположение о том, что его сдерживают силы существенно неэлектромагнитного характера.** Однако распространение трансформационных свойств электромагнит-ного поля на существенно неэлектромагнитные силы есть сильнейшее нарушение «духа» программы. Это – гипотеза ad hoc3. У Лоренца оставался один выход – точечный, бесструктурный электрон. Для понимания дальнейшего хода событий нам придется обратиться к истории электромагнитного электрона. Возможность чисто электро-магнитной трактовки массы электрона была открыта в исследованиях (Томсон, 1880, 1881) показавших, что взаимодействие заряда сферы с создаваемым ей полем приводит к появлению силы, противодействующей ускорению сферы. Если последняя движется со скоростью *v*, то ее электромагнитное поле обладает кинетической энергией *T=fe2v2/2Rc2*, где *f* – форм-фактор, *R* – радиус сферы, *е* – ее заряд. Следовательно, мы можем рассматривать *m(em)=fe2Rc2* как электромагнитную массу. Полная кинетическая энергия частицы есть *T=(mo+m(em)) v2/2=mv2/2*. У нас есть возможность положить *mo* равной нулю. Томсон так и сделал. И в 1894 г. немецкий физик Э. Вихерт выступил с проектом электромагнитной картины природы. Единственная реальность – «электромагнитный» эфир. Электрические частицы – возбуждения этого эфира (см. подробнее Алексеев, 1975, с. 143).

Однако вскоре были выявлены трудности, связанные с этим предположением.

Во-первых, в 1903 г. появилась работа М. Абрагама, подсчитавшего импульс электромагнитного поля движущегося заряда (в предположении, что заряд распределен по сферической поверхности электрона равномерно). Он показал, что импульс поля *P=1/c2∫Sd3r=4/3memv (S –* вектор Пойнтинга), в то время как для импульса обычной частицы *p=mv*. Оказалось, что кроме электромагнитной массы и скорости, в произведение для импульса электромагнитного поля вошел существенно отличный от единицы множитель, что значительно затруднило чисто электромагнитную трактовку массы. Но это еще не все. Строго говоря, входящие в уравнение Абрагама линейный и угловой электромагнитные импульсы даже не пропорциональны скоростям, как в механике. Наоборот, они зависят от **всей** истории движения электрона, поскольку определяются интегралами по всему пространству (см. Мак-Корммак, 1970).

Во-вторых, если предположить, что электрический заряд распределен в сфере объемно, то как показали М. Абрагам (1904) и А.Пуанкаре (1905, 1906), для его стабильности необходимы существенно неэлектромагнитные силы (так называемые «резинки Пуанкаре», по выражению Ричарда Фейнмана – см. «Фейнмановские Лекции»). Важно, что сам Лоренцц (1904) признал, что абрагамовские расчеты имеют для теории электронов чрезвычайное значение. Он также признал, что если внутренняя энергия электрона окажется не полностью электромагнитной, все его объяснение эксперимента Майкельсона – Морли «повиснет в воздухе» – станет ad hoc. Абрагам также рассматривал обращение к неэлектромагнитным силам как решающий внутренний недостаток теории Лоренца. Другие сторонники электромагнитной картины мира также разделяли мнение Абрагама. В частности, Альфред Бухерер (1909, с. 317) полагал, что противоречие между теорией Лоренца и «чистой» электродинамикой более опасно для теории Лоренца, чем ее расхождения с результатами опытов Кауфмана.

Единственная возможность дальнейшей разработки редукционистской программы состояла в построении модели бесструктурного электрона. Но безнадежность этих попыток стала проявляться уже начиная с 1909 г., когда Лоренц подсчитал силу, с которой сферический электрон действует сам на себя:

*F*самод.= ∫ ρ(*E*+1/*c* [*v, B*])*d3r= –* 4/3*c2 W*самод. *a+*

·

∞

*+*2e2/3c3 *a* – 2e2/3c3 ∑ (–1*n dn*)/*cndtn – a+O(R(n-1)),*

n=2

где *W*самод.=1/2 *∫ ρ(r1)ρ(r)*/(*r – r1) d3r d3r1,*

*a –* ускорение, *ρ* – плотность заряда, *R* – радиус электрона. Если мы попытаемся избавиться от структурных членов, устремляя радиус сферы к нулю, член *W*самод. будет стремиться к бесконечности, что физически бессмысленно. Теория чисто электромагнитного электрона оказалась под сомнением. Программа Лоренца, Вихерта, Вина и др. Трактовки частиц как возбуждений эфира оказалась принципиально нереализуемой.

В заключение отметим, что попытки построения модели элементарной частицы на основе теории поля продолжались и после работ Лоренца. Использовались самые фантастические ухищрения – начиная с нелинейных модификаций уравнений Максвелла (электродинамика Ми и Борна – Инфельда) – и кончая использованием опережающих решений уравнений Максвелла, которые обычно отбрасываются как не имеющие физического смысла (теории Дирака, 1936, и Фейнмана – Уилера, 1949). Но даже принимая чрезвычайно искусственные, специально подобранные предположения и формально избавившись от расходимостей, исследователи все равно наталкиваются или на непреодолимые математические затруднения или на парадоксальные, физически-бессмысленные решения. Примером последних служит решение уравнения Дирака для бесструктурного электрона, зависящее от его будущей траектории.

Таким образом, теорию электромагнитной массы электрона не удастся построить и на основе специальной теории относительности (подробнее см. Релич, 1973). Это тем не менее не ставит под сомнение последнюю, поскольку проблема электромагнитной массы не была и не является для программы Эйнштейна фундаментальной проблемой.

**Заключение к § 1 гл. 5.** Рассмотрены генезис и развитие программы Лоренца. Именно ее редукционистский характер и неспособность решить проблему собственной энергии электрона обусловили ее эмпирический регресс.

**§ 2. Генезис специальной теории относительности: релятивистская теория как этап становления теории квантов**

Для теоретической реконструкции как генезиса СТО, так и истории ее принятия научным сообществом необходимо отказаться от сопоставления «эфирных» теорий Лоренца только с работами Эйнштейна по электродинамике движущихся тел. Следует обратить внимание и на другие работы Эйнштейна. Это тем более необходимо, поскольку имеются прямые указания создателя СТО, сделанные по поводу одной небольшой статьи Пауля Эренфеста.

«В названной выше заметке содержится следующее замечание: «Релятивистская электродинамика Лоренца в формулировке, опубликованной Эйнштейном, рассматривается как замкнутая система... «По этому поводу необходимо заметить следующее.

1. Принцип относительности, или точнее принцип относительности вместе с принципом постоянства скорости света, следует понимать не как «замкнутую систему» и не как систему вообще, а только как некоторый *эвристический принцип* (курсив мой – **Р.Н.**), сам по себе содержащий высказывания о твердых телах, часах и световых сигналах. Все остальное теория относительности дает только потому, что она требует существования связей между явлениями, которые раньше казались независимыми» (Эйнштейн, 1907). Уже из приведенного отрывка ясно, что программу Лоренца надо сравнивать с **программой** Эйнштейна. Но что она из себя представляет? Какие работы Эйнштейна к ней относятся, а какие – нет?

Первая реконструкция перехода «Лоренц – Эйнштейн» была представлена Э. Захаром в рамках методологии НИП. Несмотря на то, что она адекватно описывает определенный аспект перехода, предложенная им реконструкция, как было показано выше, недостаточна ни для понимания стоявших перед Эйнштейном задач, ни для понимания причин принятия СТО всем научным сообществом. Оставаясь в пределах захаровской реконструкции, трудно объяснить как факт практически одновременной публикации столь революционных работ как «К электродинамике движущихся тел» и «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света», так и факт практического неразличения теорий Лоренца и Эйнштейна научным сообществом вплоть до 1910 – 1912 гг. Статья по СТО поступила в редакцию «*Аннален дер Физик*» 30 июня 1905 г., а статья по фотонам – 18 марта 1905 г. В работе «О методе определения соотношения между продольной и поперечными массами электрона», опубликованной в 1906 г., сам создатель СТО сравнивает между собой выводы трех теорий: теории Бухерера, теории Абрагама и «теории Лоренца – Эйнштейна». Нелишне напомнить, что к 1912 г. СТО стала фактически общепринятой.

Следовательно, для более полной реконструкции перехода «Лоренц – Эйнштейн» мы с самого начала должны предположить, что все три статьи 1905 г. и хотя бы часть предыдущих и последующих работ Эйнштейна являются частями единой исследовательской программы. Для определения содержания ее «твердого ядра» необходимо, очевидно, обратиться к анализу самих работ Эйнштейна и особенно писем и научно-популярных статей обзорного характера, равно как и книг типа «Эволюции физики». Но при этом возникает определенная трудность. Взгляды Эйнштейна по одному вопросу иногда настолько радикально менялись со временем, что становились прямо противоположными (Зелиг, 1960; в данной работе не рассматриваются философские воззрения Эйнштейна и вообще проблема философских оснований СТО).

Так, один из видных исследователей его творчества Льюис Пайнсон в книге «Молодой Эйнштейн» отмечает, что в юности Эйнштейн рассматривал математический формализм теории лишь как средство по отношению к ее «физическому смыслу». Такой взгляд на математику был «внушен» ему, судя по всему, школьными учителями. Для этого периода характерно следующее высказывание Эйнштейна: «Боюсь, что я опять ошибаюсь. Я не могу выразить мою теорию словами. Я могу только сформулировать ее математически, а это подозрительно»

Но уже к 1918 г. его отношение к математике радикально изменяется: «Я убежден в том, что при помощи чисто математических построений мы можем открывать понятия и законы, которые их связывают... Опыт остается, конечно, единственным критерием физической применимости математических конструкций. Но творческий импульс лежит в математике. В известном смысле я уверен в том, что чистая мысль способна постичь действительность, как об этом мечтали древние!» (цит. по книге Пайнсона, 1985, с. 53).

В том, что взгляды А. Эйнштейна менялись со временем нет ничего удивительного – это случалось и случается с большинством мыслящих людей. Но **цитатами** из Эйнштейна, как и вообще при помощи всякой системы воззрений, покоющейся на несовместимых основаниях, можно доказать все что угодно. Для того, чтобы отделить высказывания Эйнштейна – прямого участника революции в физике – от более поздних наслоений, в значительной мере обусловленных рефлексией создателя СТО и стоявшими перед ними текущими проблемами, надо ограничить область сопоставляемых работ «сверху», периодом до 1912 – 1914 гг. Наложенное ограничение достаточно определенно указывает на доклад Эйнштейна «О развитии наших взглядов на сущность и структуру излучения» (Зальцбург, 1909 г.) как на практически **первую** серьезную попытку проанализировать свои работы в совокупности. Даже такой суровый критик как Вольфганг Паули назвал этот доклад «вехой в развитии теоретической физики» (см. также Клейн, 1966).

Этот доклад был сделан на 81-ом собрании немецкого общества естествоиспытателей и врачей и представляет собой одно из первых публичных выступлений создателя СТО с разъяснением ее основ. Сообщение начинается с краткого изложения теории эфира, заканчивающегося фразой: «Но теперь мы должны считать гипотезу эфира устаревшей». Почему?

Важно, что для ответа Эйнштейн обращается не к опыту Майкельсона – Морли и не к критике ГЛФ, что характерно для его поздних работ. Он обращается к тому, что «существует обширная группа фактов в области излучения, показывающих, что свет обладает рядом фундаментальных свойств, которые можно понять с точки зрения теории истечения Ньютона намного лучше, чем с точки зрения волновой теории. Поэтому я считаю, что следующая фаза развития теоретической физики даст нам теорию света, которая будет в каком-то смысле *слиянием* (курсив мой. – **Р.Н.**) волновой теории света с теориец истечения».

Итак, судя по работе самого Эйнштейна, цель его программы – объединение механики и электродинамики. Осознавали ли это обстоятельство его современники? – Да, и это подтверждается следующими данными. В Немецком Университете в Праге собирался уйти на пенсию Фердинанд Липпих, профессор математической физики, и его преемник должен был начать курс лекций в апреле 1911 г. На своем заседании ученый совет философского факультета университета попросил трех своих членов – профессоров экспериментальной физики, математики и физической химии – представить список возможных кандидатов. «Подчеркивая, что основной вопрос современной физики – как объединить механику с электромагнетизмом – комитет не жалел усилий для отбора исследователей, которые уже сделали вклад в решение этой проблемы» (Илли, 1979, с. 76). В апреле комитет предложил три кандидатуры. И на первом месте в списке стояла фамилия Альберта Эйнштейна!

Не случайно много позже в нобелевской лекции Эйнштейн прямо указывал на то, что «специальная теория относительности привела к значительным успехам» – прежде всего – «к объединению механики и электродинамики» (цит. по работе Холтона, 1980, с. 59).

Вообще, как убедительно показал Л. Пайнсон (1985), до конца жизни Эйнштейн не оставлял попыток объединить различные законы природы в одно целое – в полном соответствии с канонами рациональности, присущими XIX веку.

Но каково же твердое ядро программы Эйнштейна? Для уяснения его содержания мы должны обратиться к самой **первой** из статей  
 1905 г. Эта работа является самой фундаментальной частью программы. Она называется «Об одной эвристической точке зрения, относящейся к процессам возникновения и преобразования света». В ней, в частности, рассматривается фотоэффект. (статья по СТО была опубликована тремя месяцами позже и является лишь скромной **частью** программы). Как справедливо отмечает И. Ю. Кобзарев, (1979, с. 8), «Эйнштейна знают сейчас прежде как создателя частной и общей теории относительности, но для физиков, принадлежавших к одному поколению с ним, его роль в начале века иначе: для них он был прежде всего одним из теоретиков, работавших вместе с другими над созданием атомной и прежде всего квантовой теории. Так видел себя и сам Эйнштейн, конечно, не случайно выбравший для лекции при вступлении в свою первую профессорскую должность в 1909 г. тему «О роли атомной теории в новейшей физике».

Во-вторых, именно работа 1905 г. о квантах света была единственной явно отмеченной при присуждении А. Эйнштейну в 1921 г. Нобелевской премии.

Видимо, не случайно близкий друг Эйнштейна Марсель Бессо, познакомившийся с создателем теории относительности в 1897 г., вспоминал о нем как о «молодом человеке со страстным интересом к науке, поглощенном проблемами осязаемости атомов и эфира» (цит. по статье Кобзарева, 1979, с. 10). Это соответствует воспоминаниям самого Эйнштейна о своей юности в «Автобиографических заметках»: «То, что на студента оказывало огромное впечатление – скорее не технический аппарат механики и решение сложных проблем, – а достижения механики в областях, ничего общего сначала с ней не имевших: механическая теория света, рассматривавшая свет как волновое движение квазиупругого эластичного эфира, но больше всего кинетическая теория газов» (цит. по работе Клейна, 1980, с. 161).

Еще будучи студентом второго курса в Цюрихе, Эйнштейн оставался сторонником абсолютного пространства и времени. Позже он намеревался построить аппарат для изучения движения Земли сквозь эфир (Фойер, 1974, с. 44).

Часто можно встретить утверждение, что цель статьи 1905а – объяснение аномальных по отношению к классической электродинамике данных. Однако измерения фотоэффекта, на которые ссылается в этой работе Эйнштейн, не были достаточно точны для того, чтобы указать на несомненное нарушение классических законов (Тер-Хаар, 1987). Результаты измерений фотоэффекта приводятся автором статьи лишь как косвенное свидетельство того, что луч света не распределяется непрерывно по всему пространству, а состоит из конечного числа квантов энергии. Проблемная ситуация побудившая Эйнштейна проделать это исследование, была создана не появлением новых наблюдательных данных, а **выявлением противоречия встречи между механикой и электродинамикой**. Об этом ясно говорит начало самой статьи.

«Существует *глубокое различие* (курсив мой – **Р.Н.**) между теоретическими представлениями физиков о газах и прочих весомых телах и максвелловской теорией электромагнитных процессов в так называемом пустом пространстве» (с. 322).

В чем состоит это различие? – В том, что «хотя мы полагаем, что состояние тела полностью определяется положениями и скоростями хотя и очень большого, но все же конечного числа атомов и электронов, для определения состояния электромагнитного поля в пространстве используются непрерывные функции, так что конечное число переменных недостаточно для определения состояния электромагнитного поля в пространстве» (там же).

К чему это различие может привести? – К тому, что «теория света, оперирующая непрерывными пространственными функциями, приведет, будучи примененной к явлениям возникновения и превращения света, к противоречиям с опытом».

Поэтому «я действительно полагаю, что эксперименты по излучению черного тела, фотолюминесценции, возникновению катодных лучей при помощи ультрафиолетовых лучей и другие группы явлений, связанные с возникновением и преобразованием света, могут быть лучше объяснены предположением, что энергия света распределяется в пространстве дискретно» (с. 233).

И в первой части своей статьи Эйнштейн показывает, что совместное использование понятий механики и электродинамики для процесса излучения черного тела приводит не только к противоречию с экспериментом (а у него нет даже ссылки на опыты Люммера и Принсгейма), сколько к неустранимому классическими методами **парадоксу**. Для этого Эйнштейн рассматривает не реальный, а **мысленный** эксперимент с теоретическими объектами обеих встретившихся теорий. Он исследует полость, у которой находятся свободное электромагнитное поле, молекулы газа и герцевские резонаторы. Эйнштейн демонстрирует, что использование и механики, и электродинамики неизбежно приводит к соотношению, известному теперь как «закон Рэлея – Джинса». Но «это соотношение, найденное как условие динамического равновесия, не *только* (курсив мой – **Р.Н.**) противоречит опыту, но и утверждает, что в нашей картине не может быть и речи о каком-либо однозначном распределении энергии между эфиром и веществом», поскольку после интегрирования по всем частотам плотность энергии излучения оказывается бесконечной (с. 234).

Как намерен Эйнштейн разрешать противоречие встречи, выявленное им в первом параграфе его статьи? – Для ответа на этот вопрос обратимся к первым его работам, опубликованным в «Аннален дер Физик». Что объединяет все работы Эйнштейна начиная с 1902 г. вплоть до 1905 г.? – Сопоставление работ не оставляет сомнений: статистико-термодинамический подход. Как отмечает один из авторитетных специалистов по истории квантовой теории Томас Кун, то, что привело Эйнштейна к проблеме черного тела в 1904 г. и к работам М. Планка в 1906 г., было последовательным развитием его собственной исследовательской программы, начатой в 1902 г. Это программа была настолько независимой от планковской, что она неминуемо привела бы, по мнению Т. Куна, к открытию закона, описывающего спектр чернотельного излучения, даже если бы Планка не существовало. С чего началась программа Эйнштейна?

Как неоднакратно отмечал американский историк науки Мартин Дж. Клейн, (см., например, 1966), с самого начала исследовательской деятельности Эйнштейн был глубоко потрясен простотой и стройностью классической термодинамики. Но, в отличие от Планка, Эйнштейн, связывал термодинамический подход со статистическим, с которым он познакомился благодаря больцмановской «Теории газов». Самые первые две эйнштейновские статьи, опубликованные в 1901 и 1902 годах, посвящены исследованию межмолекулярных сил. Для этого он применил феноменологическую термодинамику к явлениям капиллярности и разности потенциалов между металлами и их солями. Сам автор остался недоволен полученными результатами: они были слишком неполны. Статистический подход был способен дать более детальное представление о взаимодействиях на молекулярном уровне, Эйнштейн начал разрабатывать статистическую термодинамику, применимую не только газам. В результате появилась серия статей, опубликованных в 1902, 1903 и 1904 годах. Сейчас эти работы недостаточно хорошо известны, поскольку основные их результаты были нзависимо получены Дж. У. Гиббсом и опубликованы в его «Статистической механике», 1902 г. Но именно они положили начало программе, в рамках которой и была создана работа по фотонам 1905 г. (см. Кун, 1978); дальнейшее изложение статистической термодинамики основано на идеях именно этой работы.

В первой работе статистическая термодинамика развивается для механических систем, подчиняющихся уравнениям Лагранжа. Но фактически эти уравнения требовались только для оправдания использования теоремы Лиувилля. Поэтому Эйнштейн заметил, что его теория может быть распространена и на более общие системы, что и было сделано во второй статье. Для этих общих систем он доказывает ряд теорем, необходимых для перехода от механики к статистической термодинамике. Он выводит формулы для понятий обобщенной температуры, энтропии и вероятности. Именно эти элементы отсутствовали в работах Планка, что и обусловило произвол в его определении вероятности, вызвавший произвол в определении энтропии (логарифма вероятности) и, следовательно, в определении температуры (производной от энергии по энтропии). В конце статьи Эйнштейн приходит к своей собственной версии второго начала термодинамики: энтропия должна возрастать по мере перехода системы от менее вероятных к более вероятным состояниям.

В третьей статье Эйнштейн развивает теорию флуктуаций, качественное применение которой позволяет ему рассмотреть проблему чернотельного излучения. Он исследует поведение системы, взаимодействующей с большой полостью при температуре Т. Полость определит только среднюю энергию, но не моментальное ее значение. В итоге (*E – E*)2=ε2=2χ*T*2*dE*/*dT*.

Величина ε2 – мера тепловой стабильности системы. Чем больше ε2, тем меньше устойчивость. Абсолютная константа χ также определяет устойчивость системы. Но единственным типом систем, для которых опытным путем следует существование флуктуаций, является «пустое пространство, заполненное тепловым излучением». Поэтому, для опытного определения χ, Эйнштейн обращается к экспериментам по излучению черного тела.

Он указывает на отношение χ к закону смещения λ*m*×T=const, где λ*m* – длина волны излучения максимальной интенсивности при температуры T. Но, судя по всему, Эйнштейн этим не собирается ограничиваться. Он полагает, что уравнение, описывающее явления, связанные с флуктуациями, должно содержать дополнительную константу. Эта константа из законов механики и электродинамики, от есть из макроскопических законов, применимых к данному явлению, не выводится. Однако потребность именно в двух универсальных константах назрела давно и была к началу века общепризнанной.

По-видимому, Эйнштейн полагал, что вторая константа возникает не из-за электронного заряда, как полагал Планк, а из-за электронного заряда, как полагал Планк, а из-за флуктуаций. И вот Эйнштейн применяет флуктуационные результаты к полости, заполненной чернотельным излучением, придя в итоге к формуле, неплохо подтвержденной экспериментально. В полости, заполненной чернотельным излучением, флуктуации общей энергии поля будут крайне малы, если размеры полости много больше длины волны, на которую приходится максимум энергии спектра. В самом деле, флуктуации, возникающие из-за интерференции различных парциальных волн, не зависят от размеров полости. В большой полости они могут компенсироваться. Но если размеры полости близки к λ*m*, то *E2≈*ε2. Общая энергия полости определится законом Стефана – Больцмана *E=αυT4,* где *υ –* объем полости λ*m3*, α – константа, значение которой определяется из опыта. Применение предыдущей формулы дает λ*m=2*/*T √*χ/α=0.42/*T*

Опыт показывает, что λ*m=*0, 293/*T.* Учитывается чисто качественные оценки по порядку величины, использованные при выводе, совпадение с опытом просто поразительно.

Экспериментальное подтверждение воодушевляет Эйнштейна на дальнейшее изучение чернотельного излучения. Результат – его работа 1905а по фотонам. Мы уже писали о том, что в первом параграфе этой статьи Эйнштейн выявил парадокс – закон Рэлея – Джинса, – возникающий при столкновении механики и электродинамики. И именно разработанный им аппарат статистической термодинамики должен был, по замыслу автора, это противоречие разрешить. Как?

Эйнштейн обращается в статье к закону Планка как к закону «удовлетворяющему всем известным ныне экспериментам» и исследует его низкочастотный и высокочастотный пределы. Для малых частот, когда классическая теория и эксперимент совпадают, Эйнштейн выводит соотношение между постоянной, характеризующей чернотельное излучение, и атомным константам. Тем самым он переполучает самый важный из результатов М. Планка, «в определенной степени независимый от его теории чернотельного излучения». Для больших частот, где теория и эксперимент расходились по выражению П. Эренфеста, «катастрофически», Эйнштейн разрабатывает объяснение возникающего парадокса. Закон смещения Вина, какими приблизительными методами бы ни был найден, хорошо подтвержден для больших значений *ν*/*T*. И в области его применимости энтропия излучения ведет себя так, как будто излучение состоит не из волн, а из частиц.

Для доказательства этого положения Эйнштейн сначала предполагает, что излучение в полости с объемом v и температурой T подчиняется закону распределения Вина: *uυ=αν3 e–βυ*/*m*.

Применяя к этому выражению весь аппарат статистической термодинамики, разработанный с 1902 г. по 1904 г., он показывает, что энтропия излучения описывается выражением

*S= – E*/*βν(log E*/*αν3υ – 1).*

Если *S0* – энтропия, соответствующая объему *υ0*, то

*S – S0=E*/*βν log*(*υ*/*υ0*). (Э)

Но это соотношение – в точности то же самое, что описывает зависимость энтропии идеального газа от объема!

Для доказательства Эйнштейн записывает больцмановское вероятностное определение энтропии в виде

*S – S0=R*/*N logW.*  (Б)

Пусть *W* – относительная вероятность состояния с энтропией *S* по сравнению с состоянием с энтропией *S0*. Если мы знаем наверно, что одна молекула находится в объеме *υ0*(*W0=1*), то вероятность обнаружения обнаружения ее в меньшем объеме *υ* равна *υ*/*υ0.* Соответственно, вероятность обнаружения газа из n молекул в объеме υ равна (*υ*/*υ0*)*n*, поэтому его энтропия

*S – S0=n(R*/*N*) *log*(*υ*/*υ0*).

Это выражение идентично по форме с выражением (Э). Поэтому высокочастотное излучение с энергией E ведет себя как совокупность n частиц. Энергия каждой из них равна β*νR*/*N.* Позже (1906 г.) Эйнштейн покажет, что β*R*/*N* равняется постоянной Планка *h*. Как справедливо отмечает И. Ю. Кобзарев, (1979, с. 18), «используя правило Больцмана, Эйнштейн, по-видимому, должен был думать, что основные принципы классической механики справедливы и для поля тепловых излучений, а уравнения Максвелла – нет... В общем вся ситуация выглядела для Эйнштейна как развитие классической атомистики: Максвелл и Больцман вместо непрерывных сред ввели атомы, теперь то же надо сделать для электромагнитного поля, которое есть что-то вроде газа взаимодействующих фотонов». И не только для Эйнштейна: многие его современники описывали генезис квантовой теории сходным образом. Так, например, Артур Гааз в лекциях, прочитанных зимой 1919 – 1920 гг. в Вене и летом 1920 г. в Лейпциге отмечал, что «теория квант возникла из стремления дать атомистическому принципу, оказавшемуся столь плодотворным в применении к материи и электричеству, дальнейшее, более общее распространение. Классическая теория теплоты и электронная теория применили атомистический принцип к носителям физических явлений; теория квант перенесла атомистический принцип на сами физические процессы» (Гааз, 1924, с. 68).

Другой известный современник Эйнштейн и Планка – Д. А. Гольдгаммер – писал (1923, с.118, с. 120): «однако любопытнее всего то, что идея о квантах, в сущности, должна была зародиться еще полвека тому назад, когда создавалась кинетическая теория вещества, ибо эта идея неразрывно связана с молекулярным строением материи, и, если угодно, является даже по существу дела ничем иным, как своеобразным выражением этой молекулярности структуры... Аналогично этому объяснение физических свойств тел с точки зрения молекулярно-атомных движений долго стояло совсем особняком от объяснений явлений излучения световых и звуковых волн. И там и тут, с известной точки зрения, дело было просто. Но науке понадобилось свести эти явления т. с. на очную ставку, и в результате явились кванты энергии. И там и тут дело как будто усложнилось; между тем этой идеей квант все эти явления, стоявшие разрозненно и особняком, объединились, так сказать, под одним флагом молекулярности и материи, и энергии».

Именно применение статистических, больцмановских понятий к излучению выражает специфику эйнштейновского подхода, его программы. Здесь особенно уместно подчеркнуть следующее обстоятельство. «В течение нескольких лет, предшествовавших его работе над излучением абсолютно черного тела, Планк, стремившийся расширить область применения методов статистической термодинамики, развил, пользуясь тогда еще классическими непрерывными представлениями, термодинамику электромагнитного излучения и пытался ввести наряду с энергией излучения также энтропию. Будучи большим поклонником прославленного Больцмана, Планк сообщил о своей работе основателю статистической механики, представляя последнюю на его суд. Больцман ответил ему, что он никогда не сможет построить вполне правильную теорию статистической термодинамики излучения без введения в процессы излучения ранее неизвестного элемента дискретности» (Де Бройль, 1962, с. 139).

Отметим, что эйнштейновская теория фотонов является прямым и неизбежным следствием применения термодинамики и статистической механики к излучению, плотность которого описывается хорошо подтвержденным законом Вина. Она не является гипотезой, навеянной аналогией между (Э) и (Б) постулированной для объяснения фотоэффекта, как это, например, утверждается в книгах Вейля, Лауэ, Гейзенберга, Мессиа и др. Как показал Д. Дорлинг (1971), как только мы получим выражение (Э), теория вероятности с необходимостью приведет нас к следующим выводам.

(А) Существует равная нулю вероятность того, что полная энергия в полости, заполненной чернотельным излучением, отличается от значения, кратного *hv*.

(Б) Если полная энергия в полости равна *nhv*, существует равная единице вероятность существования в полости в точности отличных друг от друга *n* точек с локализованной в каждой точке энергией *hv.*

Утверждение о том, что излучение в полости состоит из независимых квантов энергии следует не из сравнения (Э) и (Б), а из общих принципов термодинамики и статистической механики, примененных к излучению.

Этот вывод получает независимое подтверждение за счет обращения к обзорной «бейкеровской» лекции Дж. Лармора «К вопросу о статистических и термодинамических свойствах энергии излучения», прочитанной в 1909 г. В ней содержится анализ работ Планка и Лоренца по теории чернотельного излучения и известного парадокса этой теории, согласно которому последовательное применение принципов классической статистической механики к энергии планковских осцилляторов возможно только при условии *h→*0. Как намерен решать этот парадокс Дж. Лармор?

«Мотивом данной дискуссии является выраженное в ее начале убеждение, что статистический метод, в больцмановской форме, должен некоторым образом послужить ключом к разгадке, поскольку других столь же общих методов не существует. Автор пришел к этому лишь частично обоснованному убеждению еще до появления в 1902 г. первой работы Планка, распространяющей этот метод на процессы излучения. В «Докладах Британской Ассоциации», 1902 г., с. 546, опубликовано краткое резюме статьи «К вопросу о применении метода энтропии к энергии излучения», в которой была сделана попытка заменить планковскую статистику биполярных вибраторов статистикой элементов световых возмущений. «Было объяснено, что различные сопровождающие эту процедуру трудности устраняются и что получается тот же результат, если при рассмотрении дифференциальных элементов полости мы отбросим вибраторы и будем рассматривать *случайное распределение постоянных элементов самого излучения, в некоторой аналогии с ньютоновской корпускулярной оптической теорией* (см. «Доклады Британской Ассоциации», 1900) (Лармор, 1909, с. 95; курсив мой. – **Р. Н.**).

Итак, «монохроматическое излучение малой плотности (в области применимости закона излучения Вина) в смысле калорической теории ведет себя так, как если бы оно состояло из независимых квантов энергии величиной *Rβv*/*N*… Но если монохроматическое излучение (достаточно малой плотности) в смысле зависимости энтропии от объема ведет себя как дискретное вещество, состоящее из квантов энергии *Rβv*/*N,* напрашивается вопрос: а не являются ли и законы возникновения и прекращения света такими, как будто свет состоит из подобных же квантов энергии» (с. 236).

Таков вопрос, поставленный А. Эйнштейном в первой статье за 1905 г. Мы убедились, что к этому вопросу неизбежно подводит его собственная программа исследования излучения с точки зрения статистической термодинамики. Но положительному ответу на него препятствует концепция эфира. В самом деле. «Механическое и чисто электромагнитное толкования оптических и электромагнитных явлений имеют то общее, что в обоих случаях электромагнитное поле рассматривается как особое состояние гипотетической среды, заполняющей все пространство. Именно в этом указанные два толкования коренным образом отличаются от теории истечения Ньютона, согласно которой свет состоит из движущихся частиц. Согласно Ньютону, пространство должно рассматриваться как несодержащее ни весомой материи, ни лучей света, то есть как абсолютно пустое» (Эйнштейн, 1909, с. 198). Для построения квантовой теории излучения электромагнитные поля необходимы как самостоятельные образования, которые могут испускаться источниками «совсем как в теории истечения Ньютона». Это означает, что **энергия, передаваемая в процессе испускания, должна не рассеиваться в пространстве, а полностью сохраняться вплоть до акта поглощения.** Но в рамках программы Лоренца электромагнитное поле рассматривается как особое состояние эфира – среды, которая непрерывно распределена в пространстве. Элементарный акт излучения в такой среде связан только со сферической волной. Более того.

«В то время как в молекулярно-кинетической теории для каждого процесса, в котором участвует лишь небольшое число элементарных частиц, например, для каждого столкновения молекул, существует обратный процесс, в рамках волновой теории для элементарных процессов излучения это не так. Осциллирующий ион, согласно известной нам теории, создает расходящуюся сферическую волну. Обратный процесс, как элементарный процесс, не существует. Правда, сходящаяся сферическая волна математически возможна; но для ее приближенной реализации требуется огромное количество излучающих центров. Следовательно, элементарный процесс испускания света как таковой является обратимым. Здесь, я думаю, наша волновая теория не соответствует действительности. Кажется, в этом пункте теория истечения Ньютона содержит больше истины, чем волновая теория света...» (Эйнштейн, 1909). Как указывает Йозеф Илли (1981), многие современники также полагали, что отказ от эфира ведет именно к корпускулярной теории света (Лодж, 1914; Снайдер, 1907, с. 111). Последний писал, что «ньютоновские корпускулы снова появляются за счет эфира». Вообще, идея световых корпускул «носилась в воздухе» начала века. В статье, опубликованной в апреле 1905 г., Дж. Пойнтинг писал:

«100 лет назад, во времена безраздельного господства корпускулярной теории света, было бы гораздо легче предположить и объяснить давление света, чем сегодня, когда мы все уверены, что   
свет – разновидность волнового движения. Действительно, световое давление настолько естественно следует из корпускулярной теории, что на протяжении всего 18 века было сделано много попыток его обнаружить...

Но если бы все эти философы владели сегодняшними более тонкими методами и смогли проделать великие эксперименты Лебедева, а также Никольса и Гука, и если бы они знали явление излучения корпускул, высвобождаемых катодным потоком и радиоактивными телами, то, несомненно, Юнг и Френель испытали бы гораздо более серьезные трудности в опровержении корпускулярной теории и утверждении волновой теории на ее месте» (Пойнтинг, 1905, с. 393).

Надо отметить, что сами по себе отказ от эфира и принятие «теории истечения» еще не эквивалентны принятию двух постулатов специальной теории относительности. Отказ от эфира и принятие теории истечения Ньютона допускают интерпретацию процесса распространения излучения, которую развил в 1908 г. Вальтер Ритц. Согласно его «баллистической гипотезе», скорость движения кванта света должна зависеть от скорости его источника. У Ритца скорость света не постоянна, а равна *υ+c,* где *υ* – относительная скорость источника света и наблюдателя. Теория Ритца представляла собой в известной степени возврат к старым представлениям домаксвелловской электродинамики типа бесполевых теорий Вебера и Римана (см., например, Тредер, 1973; Степин, 1982). Отказавшись от основных понятий теории Максвелла – Лоренца, он отбросил понятия электрического и магнитного полей, и стал оперировать только понятием силы взаимодейстивя между зарядами, которая в его теории зависит и от расстояния между зарядами, и от состояния их движения. Удачно объяснив ряд оптических и электромагнитных явлений (в частности, опыты Майкельсона и Морли, Траутона и Нобла, Кауфмана и др.), эта теория своеобразно истолковала «ультрафиолетовую катастрофу» (полемика Ритца с Эйнштейном) и даже получила согласующееся с наблюдениями выражение для аномального смещения перигелия Меркурия (правда, содержащее получаемую из опыта константу), но столкнулась с определенными трудностями при объяснении наблюдений двойных звезд (Эренфест, 1913). По сути дела, мы можем говорить о редукционистской (сведение электродинамики к механике) программе Ритца, в рамках которой работали также М. Абрагам, Р. Толман, Р. Стюарт, И. Лауб (1912), Дж. Траубридж (1911), Я. Кунц (1910) и др. Работы Р. Фейнмана и Дж. Уилера по бесполевой электродинамике также восходят, как на это указывали сами авторы, к идеям Ритца. Несмотря на значительные трудности, которые эта программа испытала (например, две из трех эмиссионных теорий практически сразу после своего появления были опровергнуты – см. Толман, 1912, с. 143) и на свой существенно феноменологический характер (в теории Ритца, например, содержится десятки констант, который должны быть определены из опыта), еще не известно, каких бы она достигла высот, если бы не трагическая и загадочная смерть Ритца в 1909 г. «Вышеприведенные замечания о теории истечения или увлечения эфира вполне ясно показывают, что интерпретация полученного Майкельсоном отрицательного результата, при помощи рассмотренного выше сокращения является в **логическом** отношении далеко не единственно возможной. Чисто исторически выбор однако был предсказан довольно определенно» (Эренфест, 1910, с. 81).

Но как бы то ни было, в том виде, в каком она досталась нам от автора, теория Ритца прямо противоречит современным экспериментам с пи-и мю-мезонами, равно как и измерениям зависимостей скоростей электронов от их масс на ускорителях (Фокс, 1965, с. 12, 16).

Таким образом, в баллистической теории Ритца скорости света и источника должны были складываться в соответствии с законом сложения скоростей классической механики (формулой Галилея). Но это противоречит всей концепции близкодействия (концепции поля), на которой основана теория Максвелла.

Ведь конечная скорость распространения электромагнитных возмущений в пустоте независимо от формы возмущения и независимо от скорости движения источника является прямым следствием уравнений Максвелла. Но, в отличие от Ритца. Эйнштейн и не думал отказываться от теории Максвелла, так же как создатель теории истечения Ньютон не отказался от волновой теории за 300 до него. В работе 1905а, вводившей в физику фотоны, Эйнштейн специально подчеркивает, что «волновая теория света, оперирующая непрерывными функциями точки, прекрасно оправдывается при описании чисто оптических явлений, и, вероятно, едва ли будет заменена какой-либо иной теорией» (Эйнштейн, 1905а, с. 237).

Для Лоренца этой проблемы вообще не существовало, поскольку в системе, покоящейся относительно эфира, распространение света всегда происходит с постоянной скоростью, независящей от движения излучающего тела. Здесь уместна аналогия с волнами на воде, скорость которых, по крайней мере в первом приближении, не зависит от скорости порождающего их корабля. Поэтому, если мы хотим отказаться от эфира, но сохранить теорию Максвелла (и вообще концепцию бизкодействия), нам необходимо отмежеваться от баллистической гипотезы и выделить особый принцип постоянства скорости света. В беседе с американским физиком Р. Шенклендом Эйнштейн отмечал, что он рассматривал баллистическую гипотезу в качестве одного из возможных вариантов, но оставил ее еще до 1905 г., поскольку не смог отыскать дифференциальное уравнение, решение которого представляло волны, распространяющиеся со скоростью, зависящей от скорости источника (Шенкленд, 1963).

Второй фундаментальной постулат СТО – «принцип относительности» – следует немедленно из того факта, что эфира – и, следовательно, абсолютной системы отсчета, – не существует.

Две рассмотренные нами предпосылки (принцип относительности и принцип постоянства скорости света) вполне достаточны, по Эйнштейну, для построения электродинамики движущихся тел. Именно они положены в основу «твердого ядра» релятивистской подпрограммы, эвристика которой уже была подробно описана Э. Захаром. Но для того, чтобы «теория, основанная на этих двух принципах, не приводила к противоречивым выводам, нам необходимо отказаться от привычного правила сложения скоростей, или, что еще лучше, заменить его другим» (Эйнштейн, 1909, с. 155).

Именно это и было сделано в статье «К электродинамике движущихся тел», опубликованной в 1905 г. через три месяца после статьи по фотоэффекту. В ней Эйнштейн вскрыл неявное предположение, на котором основывалась галилеевская теорема о сложении скоростей, – что высказывания о времени, а также о форме движущихся тел имеют смысл, независимой от состояния движения применяемой системы координат.

Он показал, что совместное принятие принципов относительности и постоянства скорости света эквивалентно изменению понятия одновременности и эффекту запаздывания часов в движущихся системах отсчета, равно как и сокращению в них размеров тел в направлении движения. Для связи координат движущейся и покоющейся систем отсчета Эйнштейн использовал преобразования Лоренца, придав им, конечно, несколько иной смысл. Содержание статьи по СТО слишком хорошо известно, чтобы останавливаться на нем подробно.

Для сопоставления работ по СТО и по фотонам много дает следующее наблюдение Д. Холтона. С самого момента публикации 1905б Эйнштейн упорно не хотел называть ее новой теорией, и только после того, как она была названа так Планком в 1907 г., он стал упоминать ее в печати как «так называемую теорию относительности». Например, в самом первом кратком обзоре, написанном в 1907 г., он представил свою работу как «объединение теории Лоренца с принципом относительности» (цит. по работе Холтона, 1980, с.57).

Довольно популярная (и оспариваемая здесь) точка зрения, согласно которой результаты 1905а и 1905б были получены независимо друг от друга, основывается прежде всего на воспоминаниях самого создателя СТО о мысленных «путешествиях на световом луче» и т. п., позволивших установить принцип относительности еще в юном возрасте (см., например, Левинджер, 1949; Валлентин, 1954). Учитывая, что эти «события» были воспроизведены по памяти через несколько **десятков** лет после публикации первых статей по СТО, следует более серьезно отнестись к другим словам Эйнштейна:

«Если вы хотите что-нибудь узнать о методах, которые используются физиками-теоретиками, я рекомендую вам строго придерживаться следующего принципа: обращайте внимание не на то, что они говорят, а на то, что они делают».

А вот что говорят «дела». Первая научная статья Эйнштейна была написана им в виде письма к дяде в 1895 году, когда ему было 16 лет (« во всяком случае, ты должен оценить его, как робкую попытку побороть в себе нелюбовь писать, унаследованную мной», с.3).

Название ее говорит само за себя: «К исследованию состояния эфира в магнитном поле» (курсив мой. – Р. Н.). И действительно, на протяжении всей статьи эфир рассматривается как элемент физической реальности, имеющий такое же право на существование, как и магнитное и электрическое поля. Следует добавить, что статья эта была обнаружена (и опубликована) сравнительно недавно, в 1971 году, историком науки Я. Мейрой в архивах Эйнштейна.

«Итак, теория относительности изменяет наши взгляды на природу света в том отношении, что свет выступает в ней не в связи с гипотетической средой, но как нечто существующее самостоятельно, подобно веществу. Далее эта теория, как и корпускулярная теория света, отличается тем, что она признает перенос массы от излучающего тела к поглощающему» (Эйнштейн, 1909, с. 156).

Но если все сказанное справедливо, неизбежно возникает вопрос: почему в статье по СТО Эйнштейн не ссылается на предыдущую статью?

– В письме своему другу Конраду Габихту, написанному в **1905 г.,** сопровождавшему оттиски статей, Эйнштейн называет работу по квантам «очень революционной», в то время как работа по СТО удостаивается лишь характеристики «интересной в своей кинематической части». Современники оценивали их сходным образом. «Революционный дух наиболее проявляет себя в теории излучения» (Мак-Лорен, 1913, с. 43). Поэтому ссылка в статье, вводящей революционные изменения в понимание пространства и времени, на гипотезу, хотя и послужившего в логическом отношении основой, но вводящую в физику еще более революционные изменения, едва ли могла улучшить аргументацию. На первом Сольвеевском Конгрессе Эйнштейн был вынужден оговориться и признать «временный характер этой концепции (то есть световых квантов –   
Р. Н.), которая не кажется совместимой с экспериментально подтвержденными следствиями волновой теории» (цит. по статье Пайса, 1979, с. 884). Известный американский экспериментатор Р. Милликен отмечал (1916), что «несмотря на... почти полный успех уравнения Эйнштейна (для фотоэффекта – **Р. Н.**), физическая теория, из которой оно выведено, признана настолько неприемлемой, что даже сам Эйнштейн, я не сомневаюсь, больше ее не придерживается» (цит. по статье Пайса, 1979, с. 884).

Дело осложнялось тем, что **прямых** экспериментальных свидетельств в пользу гипотезы световых квантов тогда не существовало. Они появились только в 1922 году (эффект Комптона). Поэтому, например, немецкие ученые добившиеся избрания Эйнштейна в 1914 г. в берлинскую академию наук, специально оговорились, что его защита гипотезы квантов – «неустранимая цена, которую приходиться платить за его творческий гений». Все же популярность идеи квантов и неуклонно растущее число ее сторонников не следует, на наш взгляд, недооценивать, как это делают, например, авторы известных работ по истории науки М. Клейн и   
А. Пайс. Последний, настаивая на том, что одним из характернейших качеств А. Эйнштейна была его изолированность от окружающих (apartness), в качестве иллюстрации утверждает, что «с 1905 по 1923 он был единственным, кто воспринимал световые кванты всерьез» (Пайс, 1980, с. 197). Так ли это? А как же тогда быть с лавиной публикаций по эмиссионным теориям света, появившихся главным образом в американских научных журналах после работ Ритца? А как тогда понимать теорию Льюиса, которая будет рассмотрена в следующем параграфе? В этой связи особенно характерна реплика одного из участников на доклад Мартина Клейна, сделанный на симпозиуме, посвященном 100-летию Эйнштейна в США.

«Г. Д. Смит (Принстонский университет). Я бы хотел возразить Профессору Клейну, если я, конечно, правильно понял его замечание о том, что сообщество физиков не принимало идею корпускулярной природы света вплоть до экспериментов по комптон-эффекту. Я обучался атомной физике здесь, в Принстоне, в 1918 и в 1919, и тогда эта природа даже не подвергалась сомнениям. Мы знали эксперимент Милликена; мы знали разные другие опыты по измерению максимума энергии фотоэлектронов; мы знали об опытах Франка и Герца. Да вся экспериментальная программа Карла Комптона была в действительности онована на идее корпускулярности света по меньшей мере как на рабочей гипотезе» (Клейн, 1980, с. 193). Свидетельство Смита подтверждается и другим **непосредственным** участников событий – немецким экспериментатором Вальтером Герлахом (1979, с. 191).

В обзоре «Современные гипотезы о структуре света», опубликованном в 1911 г., французский физик Леон Блок писал: «Во всяком случае, как мы заметили в начале, интерес новых гипотез не в том, что они угрожают классическим доктринам. Напротив, скорее можно, по-видимому надеяться на то, что часть истины, заключенная в атомистической теории света, сольется без особенных трудностей с плодотворными идеями Эйнштейна и Лоренца» (Блок, 1911, с. 253).

Русский физик, сотрудник лебедевской лаборатории Б. В. Ильин (1913, с. 143) указывал на то, что «... в настоящее время много нового и интересного внесла в теорию фотоэлектрического эффекта так называемая теория атомистической структуры лучистой энергии... Теорию атомистической структуры света еще нельзя считать вполне разработанной и законченной; много еще здесь неясного и недоговоренного, но несомненная ценность этой теории в том, что она обобщает, охватывает, так сказать, одной формулой целый ряд разнообразных физических явлений».

В традиционной речи президента Британской Ассоциации, произнесенной в августе 1913 г. в Бирмингеме, Оливер Лодж заявил: «Затем радиация также обнаруживает признаки, по которым ее готовы признать атомной или прерывной; корпускулярная теория радиации совсем не так мертва, как это казалось в моей молодости. Некоторые радиации несомненно корпускулярны и даже показывают эфирные признаки, может быть ошибочные, пятнистого строения...» (Лодж, 1914, с. 15).

Все же в силу сказанного, неудивительно, что для статьи по фотоэффекту характерен и более **осторожный**, чем для статьи по СТО, заголовок: «Об одной эвристической точке зрения...», и **менее решительный** тон основного вывода: «... Я излагаю ход мыслей и факты, натолкнувшие меня на этот путь, в надежде, что предлагаемая здесь точка зрения, возможно, принесет пользу и другим исследователям в из изысканиях» (сравните с высказыванием: «Недостаточное понимание этого обстоятельства **является** корнем тех трудностей, преодолевать которые приходиться теперь электродинамике движущихся тел» – Эйнштейн, 1905б).

В 1955 г. Эйнштейн писал Зелигу: «Вспоминая историю развития специальной теории относительности, мы можем с уверенностью сказать, что к 1905 г. открытие ее было подготовлено. Лоренц уже знал..., а Пуанкаре развил...». Тем не менее работа Эйнштейна была самостоятельна. Новым был и «вывод о том, что лоренц-инвариантность является общим условием для каждой физической теории. Это было для меня особенно важным, так как я еще раньше понял, что максвелловская теория не описывает микроструктуру излучения и поэтому не всегда справедлива» (Зелиг, 1960).

Хорошо, пусть Эйнштейн имел веские причины не раскрывать связь между 1905а и 1905б до начала 20-х гг. Но почему же он ничего не говорил об этом после?

Ключ к ответу – в исследованиях Эйнштейна по общей теории относительности (ОТО). В письме к Лоренцу 16 июня 1916 г. он признается, что «общая теория относительности ближе к гипотезе эфира, чем специальная теория относительности» (цит. по статье Илли, 1987). Почему?

Обратимся к статье 1918 г.: «Общая теория относительности не признает привилегированного состояния движения в точке, которое может быть интерпретировано как, так сказать, скорость эфира. Однако, в то время как согласно специальной теории относительности участок пространства, не содержащий материи и электромагнитного поля, является абсолютно пустым, согласно общей теории относительности даже пространство пустое в этом смысле обладает физическими свойствами, математически выражаемыми компонентами гравитационного потенциала, которые детерминируют поведение как метрики, так и гравитационного поля. Мы можем постичь эту ситуацию, говоря об эфире, состояние которого изменяется от точки к точке» (цит. по Илли, 1987, с. 41). Несомненно, что в этом отношении Эйнштейн находился под влиянием Лоренца, в письме которому от 15 ноября 1919 г. писал: «Я изложу мою точку зрения по проблеме эфира исчерпывающим образом как только представиться возможность. Было бы лучше, если бы в моих ранних публикациях я *ограничивался утверждением, что нереальна именно скорость эфира, вместо того, чтобы настаивать на несуществовании эфира»* (курсив мой. – **Р. Н.** Цит. по Илли, 1987, с. 54). Вплоть до конца жизни создатель ОТО оставался ревностным приверженцем «сведения всего на свете к геометрии». Фотон не был исключением. Эйнштейн полагал, что соответствующая единая геометризованная теория поля сможет объяснить и кванты. В конце 1927 г. в письме к А. Зоммерфельду он писал, что «о Квантовой Механике я думаю, что, по отношению к весомой материи, она содержит столько же истины, сколько теория света без квантов. Она может быть корректной со статистической точки зрения, но являться в то же самое время неадекватной теорией индивидуальных элементарных процессов» (цит. по статье Вайнгарда, 1987).

Итак, в статье по СТО Эйнштейн не ссылается на свою статью по световым квантам. Тем не менее, косвенным образом он использует ее результаты, поскольку начинает статью по СТО с описания асимметрии между движением проводника и движением магнита. Эта асимметрия, как отмечалось выше, является проявлением противоречия встречи между ньютоновской механикой и теорией Максвелла в «электродинамике движущихся тел». Рассмотрим мысленный эксперимент с магнитом и проводником более подробно.

Если мы приведем магнит в движение относительно эфира, в то время как проводник оставим в покое, то в пространстве, окружающим магнит, возникнет электрическое поле. Согласно формуле Лоренца *F=e(D+[υ*/*c H]).* В случае *D≠0, υ≠0* на каждый электрон в проводнике буде действовать сила, которая и создаст в нем электрический ток.

Теперь оставим магнит в покое и приведем в движение с той же скоростью *υ* проводник. *Н* не зависит от времени, следовательно, согласно уравнениям Максвелла, *Е=О.* Эта ситуация в принципе отличается от только что рассмотренной. Поэтому мы вправе ожидать, что никакого тока в проводнике не будет. Но не тут-то было! *υ≠0,* поэтому *F≠0*, и, если движение относительности магнита то же, что и в первом случае, то и результат будет, как показывают вычисления, тем же.

Таким образом, **механически** два этих случая ничем не отличаются друг от друга, а **электродинамически** – отличаются. Когда магнит движется сквозь эфир, присутствуют оба поля – и электрическое, и магнитное. Когда движется проводник, то только одно, магнитное. Но результат вычислений при помощи уравнений Максвелла зависит только от **относительного** движения проводника и магнита. Принцип относительности как раз и был сформулирован еще Дж. К. Максвеллом для описания именно этой ситуации. (Автор признателен профессору К. В. Килмистеру за ознакомление с результатами его работы – Кесвани, Килмистер, 1983). И сам автор «Трактата об Электричестве и Магнетизме» хорошо понимал необходимость такого описания движения проводника относительно магнита, которое должно было зависеть только от их относительного движения. Судя по всему, он рассчитывал прийти к такому описанию за счет сведения электродинамики к механике при помощи механических моделей эфира. Лоренц же, введя «силу Лоренца» и узаконив дуализм электродинамического и механического описаний, «расписался» в неспособности этот парадокс устранить, за что и был в 1905 г. подвергнут справедливой критике Эйнштейном.

Следует отметить, что связь 1905а и 1905б была также замечена Лессеном (1974). Но его подход противоположен нашему: Лессен достаточно просто продемонстрировал, каким образом Эйнштейн мог получить гипотезу квантов света из «более элементарного постулата и специальной теории относительности».

Структура работы по СТО (разрешение парадокса) по вполне понятным причинам напоминает структуру статьи по фотоэффекту.

Это было отмечено выдающимися американским историком науки Джералдом Холтоном (1969, с. 181): «Каждая из этих статей (имеются в виду статьи 1905 г. – Р. Н.) начинается с констатации формальной асимметрии или других несоответствий, преимущественно эстетического характера (например, затруднений из-за невозможности объяснения экспериментальных фактов); далее предлагается принцип (предпочтительно – общий, скажем, второй закон термодинамики), одним из следствий которого является устранение асимметрии, и в заключение выдвигается одна или несколько гипотез, допускающих экспериментальную проверку». СТО устраняет асимметрию за счет такой формы уравнений, которая зависит только от относительного движения магнита и проводника. Не существует независимых друг от друга электрического и магнитного полей: все они лишь части одного антисимметричного тензора, который преобразуется глобальным образом, как целое.

**Заключение к § 2 гл. 5.** Показано, что только целостный анализ всех эйнштейновских работ с 1901 по 1912 гг. и прежде всего трех статей 1905 г. (с упором на статью по квантам света) способен вскрыть генезис специальной теории относительности. Ее создание было лишь этапом построения квантовой теории.

**§ 3. История квантовой теории как решающий аргумент в победе программы Эйнштейна.**

Итак, мы обозначили контуры «логики открытия», приведшей Эйнштейна к созданию СТО. Но взятая сама по себе, вырванная из контекста программы, СТО не объясняла какие-либо до тех пор не объясненные эксперименты и не предсказывала новые опытные данные доступные опытной проверке и не вытекавшие из других теорий. Более того, эксперименты Кауфмана (1906 г.) на протяжении ряда лет интерпретировались как противоречащие теории Эйнштейна. Создателю СТО потребовалось более года для того, чтобы ответить на статью Кауфмана. И это при том, что в статье Кауфмана экспериментально опровергалась его теория! Как же должна была восприниматься СТО научным сообществом? Эйнштейн не раскрывал связи между 1905а, и 1905б до 1909 г. Но без этой связи постулат постоянства скорости света выглядит гипотезой ad hoc (Голдберг, 1967).

Важным этапом реализации программы Эйнштейна явилось применение разработанного аппарата статистической термодинамики к броуновскому движению (1905в; впервые на связь этой работы с двумя другими указал Д. Холтон, 1966, с. 180). Подвергнув броуновское движение количественному анализу, Эйнштейн получил первые результаты, которые можно было проверить экспериментально. Как и в 1905а и 1905б, Эйнштейн тоже выявляет и разрешает противоречивые встречи – но на этот раз между термодинамикой и статистической механикой. В следующей (1906 г.) статье по броуновскому движению он прямо указывает на то, что «согласно классической термодинамике, в принципе отличающей тепло от других форм энергии, спонтанные флуктуации не имеют места; однако, в молекулярной теории теплоты – наоборот. В последующем мы хотим найти законы, по которым эти флуктуации должны иметь место» (цит. по работе Холтона, 1980, с. 55).

Теоретические выводы Эйнштейна были вскоре проверены и подтверждены. Совпадение теории с экспериментом было настолько значительным, что даже В. Оствальд – основатель энергетизма и один из наиболее авторитетных противников атомизма – уже в 1908 г. вынужден был признать, что «совпадение броуновского движения с требованиями кинетической гипотезы... дает теперь раво самому осторожному ученому говорить об экспериментальном доказательстве атомистической теории материи» (Оствальд, 1909, с. 4).

Доводы Эйнштейна в пользу квантов, изложенные в статье по фотонам, отличались от соображений, приведенных Максом Планком 5 годами ранее. Эйнштейн исходил из закона Вина, используя только принцип Больцмана. Действительно, он дважды ссылается на Планка. Но одна из ссылок – на статью, опубликованную за год до появления теории квантов. Во второй Эйнштейн приводит закон распределения Планка, но лишь как формулу, адекватно описывающую экспериментальные данные. В своих **теоретических** заключениях автор гипотезы фотонов не пользовался ни законом Планка, ни его квантовыми энергиями осцилляторов.

«В то время мне казалось, что теория излучения Планка в некотором смысле противостоит моим результатам. Однако новые соображения, излагаемые в первом параграфе настоящей статьи, показали мне, что теоретическая основа теории излучения Планка отличается от теории Максвелла и теории электронов. Отличие состоит в том, что теория Планка в неявном виде использует гипотезу квантов света» (Эйнштейн, 1906).

Для приведения во взаимное соответствие гипотезы световых квантов и теории излучения Планка Эйнштейн квантует не только энергию поля, но и энергию резонаторов, то есть делает следующий шаг в направлении отказа от классических представлений. При этом он предполагает, что «несмотря на то, что теория Максвелла к элементарным резонаторам неприменима, средняя энергия каждого такого резонатора в поле излучения такая же, как и подсчитанная при помощи теории Максвелла». В этом суждении уже заложен парадокс так называемой «старой квантовой теории», которая несмотря на то, что она связана и с уравнениями максвелловской электродинамике, и с уравнениями классической механики, все же с ними несовместима.

В силу того, что создателем квантовой теории был не один Эйнштейн, но также Планк, обращение к работам последнего представляет особый интерес для выявления связи квантовой теории с противоречием встречи между статистической механикой, термодинамикой и максвелловской электродинамикой. История ранней квантовой теории слишком хорошо изучена для того, чтобы было целесообразно предпринимать еще одно самостоятельное историко-научное исследование. Поэтому дальнейшее рассмотрение истории вопроса, относящееся к работам Планка, является сжатым изложением известных исследований по истории квантовой теории – работ Джеммера (1985), Мейры и Рехенберга, Клейна (1970) и, конечно, работы Куна (1978). Отбор материала производился, конечно же, под углом зрения возникновения и разрешения противоречия встречи.

Итак в 1900 г. М. Планк не только не собирался совершать «революцию в физике», но даже, судя по всему, и не понимал, что он ввел в науку понятие дискретности, как, впрочем, и другие члены научного сообщества. В это время Планк пытался применить всю больцмановскую вероятностную, статистическую и комбинаторную технику для решения задачи теоретического объяснения спектра излучения черного тела (подробнее см. Голдберг, 1980). В то же время Планк был одним из первых физиков, понявших необходимость исследования взаимоотношений между статистической механикой, термодинамикой и максвелловской электродинамикой. И именно первая его квантовая теория была результатом взаимодействия этих основных фундаментальных теорий второй половины XIX века. До 1900 г. Планк успел получить основательные результаты в каждой из них. Термодинамика была его «первой любовью». Его успехи в ней были общеизвестны, когда, в 36 лет, он обратился к электродинамике. Но сначала Планк использовал ее лишь как средство решения некоторых чисто термодинамических проблем и, прежде всего, проблемы необратимости. Для сопоставления с программой Эйнштейна важно, что статистическая механика стала использоваться Планком много позже и крайне неохотно. Не случайно до 1900 г. статистическая механика применялась специалистами только к теории газов – для объяснения таких свойств как вязкость, удельная теплоемкость и т. д. (Браш, 1967)

Консервативность взглядов Планка обнаруживается также и в том, что именно автор первой квантовой теории предложил один из вариантов «спасения» концепции эфира от результатов Майкельсона и Морли (Хиросиге, 1976): надо предположить значительное сгущение эфира около Земли. Важность этой гипотезы была оценена даже Лоренцем и Пуанкаре. Последний даже противопоставил ее ad hoc гипотезе Лоренца и Фицджеральда, Лоренц же, в свою очередь, указывал на то, что «если рассмотрение влияния членов второго порядка встретится с непреодолимыми затруднениями, у нас будет только один выход – тот, который был предложен Планком» (Лоренц, 1904, с. 153).

Планк осознавал противоречие встречи между термодинамикой и статистической механикой: «...Будучи последовательно развитым, второй закон механической теории теплоты несовместим с предположением о существовании атомов конечных размеров. Поэтому можно заранее предвидеть, что будущее развитие теории приведет к битве между этими двумя гипотезами, в которой одна из них потерпит поражение. Пока еще преждевременно предсказывать исход этой битвы. Тем не менее, множество современных данных, как мне кажется, указывает на то, что атомная теория, несмотря на ее великие успехи, все-таки будет отброшена в пользу предположения о непрерывности материи» (Планк, 1882, с. 474).

Через 15 лет Планк занимал ту же позицию: второму началу термодинамики противоречит не механика, а ее атомистическая версия. Противоречие может быть разрешено за счет разработки механики континуума. Подобная точка зрения имела под собой разумные основания. Как отмечает И. Ю. Кобзарев (1979, с. 10), «огромная работа, проделанная Больцманом, приведшая к кинетическому уравнению и статистической интерпретации энтропии, не дала конкретных результатов, которые можно было бы сравнить с опытом, а обширные исследования Максвелла и Больцмана о теореме равномерности распределения по любым степеням свободы привели к выводам, которые, как знал уже Максвелл, противоречили «всему на свете»; на опыте тепло не хотело переходить ни во вращательные степени свободы атомов и молекул, ни в степени свободы, ответственные за атомные спектры, ни в степени свободы эфира».

Все это объясняет долгое сопротивление Планка идеям Больцмана. Только в середине зимы 1897 – 1898 гг. Планк начинает внимательно изучать больцмановскую версию второго начала. «К большому сожалению историков науки он не оставил свидетельств об изменении точки зрения на протяжении двух лет, что создало почти единодушное мнение, что его обращение в статистическую веру было неразрывно связано с его квантовой гипотезой конца 1900 г.» (Кун, 1978, с. 77). На самом деле верно противоположное утверждение: выдвижение им квантовой гипотезы – прямое и неизбежное следствие его «обращения в статистическую веру», использования больцмановских методики и идей. **Квантовая теория Планка – результат** столкновения электродинамики, статистической механики и термодинамики. Именно в этом столкновении постепенно вызревала основа параллельного рассмотрения излучения и газов. Планковская гипотеза «естественного излучения» – это не что иное как электро-магнитный вариант больцмановской гипотезы молекулярного беспорядка.

И к концу 1899 г. Планк прошел почти те же этапы пути, что и Больцман. Оба сначала искали пути механистического обоснования необратимости. Оба были вынуждены удовлетвориться статистическим доказательством, и оба были вынуждены в конце концов признать, что даже этот путь требует введения специальных гипотез. Но, к началу 1900 г., только один аспект больцмановского учения о необратимости все еще отсутствовал у Планка – использование комбинаторики. Но заставил его сделать этот последний шаг поиск закона излучения черного тела, который бы согласовывался с новыми, более точными **экспериментами** Луммера и Принсгейма.

И в 1900 г. Планк приходит к выражению

*S=в*/*a log [(1+u*/*вν)1+u*/*вν*/ *(u*/*вν)u*/*вν]+const.*

Но оно применимо лишь к одному резонатору со средней энергией и частотой *ν* в рановесии с полем излучения. Пока оно еще не годится для интерпретации в вероятностных терминах. И эта интерпретация, судя по всему, и была началом «наиболее напряженной работы» в его жизни, закончившейся выводом выражений, столь блестяще подтвержденных экспериментально. Однако, «наибольшее впечатление производила не точность планковской теории. Скорее, это было то, что он вообще получил какие-то результаты в этой области. Может быть, даже и помимо своей воли, **Планк нашел конкретное, количественное звено выражаемое звено между электромагнитной теорией, с одной стороны, и свойствами электронов и атомов, с другой.** В конце прошлого столетия поиск таких законов был наиболее активной, будоражащей и рискованной областью физических исследований» (Кун, 1978, с. 112). Хотя присутствие больцмановской постоянной *k* в разрозненных областях механики и электродинамики не обеспечивало их синтеза, оно было конкретным ключом, указывающим направление этого объединения. И когда Планк нашел новую константу, *h*, то это было знамением того, что он нашел что-то более важное и фундаментальное, нежели простой закон распределения. В самом деле. В теории Планка резонаторы поглощают и излучают энергию в соответствии с уравнениями Максвелла. Поэтому, несмотря на то, что структура континуума энергии фиксирована элементом *hν*, движение планковских резонаторов остается непрерывным, как внутри каждого элемента, так и между ними. Ничто в работах Планка не указывает на то, что идея сведения энергий резонаторов к дискретному набору значений даже приходила ему в голову, пока другие не заставили его признать это в 1906 г. и позже.

Действительно, у Планка часто встречаются выражения типа *Uν=Phν,* где *P –* целое число. Но в них *Uν –* это общая энергия *N* резонаторов. Сведение ее к кратным *hν* еще не означает сведения к ним энергии **отдельного** резонатора – она может изменяться непрерывно. Планковское разбиение общей энергии на отдельные части буквально скопировано с больцмановского. «Планк получил свою формулу для энергии черного излучения с фигурирующей в формуле величиной ε=*hν*, но не обратил особого внимания на тот смысл, который имеет такое поведение в счет конечного элемента энергии, и только позже Эйнштейн указал, что без гипотезы квант нельзя получить верного закона для энергии черного излучения» (Гольдгаммер, 1912, с. 118).

Возникнув в рамках единой программы, квантовая теория и теория относительности затем разбились на две подпрограммы – квантовую и релятивистскую – ставшие развиваться относительно самостоятельно.

Создание СТО поставило вопрос об отношении системы ее теоретических объектов к теоретическим объектам ньютоновской теории гравитации. Твердое ядро релятивистской подпрограммы, состоящее из принципов относительности постоянства скорости света, явно противоречило лежащему в основании ньютоновской теории гравитации принципу мгновенного взаимодействия (бесконечной скорости) тяготеющих масс. Более того. Одно из наиболее плодотворных следствий СТО – принцип эквивалентности массы и энергии – противоречило прекрасно подтвержденному экспериментально принципу эквивалентности гравитационной и инертной масс.

Противоречие встречи СТО и ньютоновской теорией гравитации было успешно разрешено в серии статей Эйнштейна, Гроссмана, Лоренца, Гильберта и др., завершившейся созданием общей теорией относительности (подробнее см. Визгин, 1981).

Вернемся в середину 1906 г., когда было опубликованы «Теория излучения и поглощения света» и «О планковской теории излучения». Авторами этих статей были молодые физики Альберт Эйнштейн и Пауль Эренфест. Они первыми поняли, что закон Рэлея-Джинса единственный закон распределения энергии излучения, совместимый с классической теорией. Кроме того, они оба были солидарны в том, что принятие планковского закона излучения черного тела требует радикального неклассического ограничения – квантования энергии резонатора. Появление П. Эренфеста среди создателей теории квантов– конечно же, не случайно – поскольку он был прямым учеником и продолжателем идей Л. Больцмана, прослушавшим в 1899 – 1900 гг. курс лекций Больцмана по механической теории теплоты. Когда в работе, представленной Больцманом академии наук в Вене в 1903 г, Эренфест процитировал некоторые недостаточно хорошо известные больцмановские результаты, последний прокомментировал это следующим образом: «Если бы я знал свои работы так же хорошо!» (Клейн, 1970, с. 48). В начале исследований Эренфест рассматривал теорию квантов как отрасль статистической механики. И Даже в работе, опубликованной в 1911 г. под красноречивым заголовком «Какие черты гипотезы световых квантов играют существенную роль в теории теплового излучения?», он демонстрирует, что именно требования «второго начала термодинамики в его статистической форме» являются причиной того, что энергия квантов пропорциональна частоте.

До 1908 г., пока задачей чернотельного излучения не занялся сам Лоренц, Эйнштейн и Эренфест оставались в одиночестве. Как заметил М. Клейн, эйнштейновская работа по фотоэффекту была первым сочувственным откликом на планковские исследования по чернотельному излучению. Интерес Лоренца к этой проблеме не был случаен. Еще в 1900 г. он опубликовал работу, в которой задался вопросом: чем объяснить, что длина волны, приходящаяся на максимум спектра чернотельного излучения, зависела только от температуры, но не от вещества полости. Вплоть до 1908 г. Лоренц усиленно занимался этой проблемой, пока на конгрессе в Риме он не сообщил, наконец, о ее решении. Лоренц применил статистическую механику Гиббса к ансамблю идентичных систем, состоящих из свободных и связанных электронов, атомов и излучения в идеально отражающей полости. Прямое применение законов механики и электродинамики неизбежно вело к закону Рэлея-Джинса. Доклад Лоренц закончил так: «Все это представляется весьма странным, и я признаюсь, что, когда Джинс опубликовал свою теорию, я надеялся, что после соответствующей проверки можно будет продемонстрировать неприменимость к эфиру «теоремы о равнораспределении», на которой она основана; надо было найти максимум функции распределения *f* (λ, *T*). Но предыдущие рассуждения доказывают, что это не так, и что вывод Джинса неизбежен, по крайней мере до тех пор, пока мы не изменим фундаментальные гипотезы теории».

И уже в лекции, прочитанной в Утрехте в 1909 году, авторитет в физике – Лоренц – признал необходимость квантования энергии осциллятора и стал способствовать ее распространению. Лоренцево доказательство неизбежности закона Рэлея-Джинса произвело на физиков того времени огромное впечатление. Как показал Томас Кун, (1978), к 1910 году почти все научное сообщество было на стороне Лоренца.

После того как ученые восприняли квантовую прерывность в теории чернотельного излучения (то есть после 1910 г.), дальнейший прогресс в развитии этих идей зависел от новых приложений процедуры квантования. Уже к 1911 г. сферами применимости, обеспечившими постоянный эмпирически-прогрессивный рост квантовой программы, стали рентгеновское излучение, фотоэффект (опыты Штарка и Баркли), люминесценция, атомные теории.

Серьезным ее успехом стало опытным подтверждение В. Нернстом в 1911 г. формулы, полученной А. Эйнштейном еще в 1907 г. в статье по удельным теплоемкостям твердых тел. «Если теория Планка проникает в суть вещей», то мы должны, по Эйнштейну, изменить сами **основы** статистической механики. Квантовая дискрет-ность связана не только с взаимодействием излучения и вещества. Энергия осцилляторов, взаимодействующих с веществом, может принимать только дискретные значения. А как быть с другими осцилляторами, рассматриваемыми в молекулярных теориях? – Эйнштейн верил в то, что и их энергии должны квантоваться в явном противоречии с классической статистической механикой. Он видел подтверждение в аномальных отклонениях теплоемкостей некоторых тел от закона Дюлонга и Пти, подрывавших классическую теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

Более того. В 1911 г. Эйнштейн сделал еще одно предположение, получившее опытное подтверждение: упругие свойства кристалла должны быть тесно связаны с его оптической частотой поглощения и, следовательно, с его удельной теплоемкостью (см. подробнее Клейн, 1970).

В 1907 г. подтвердилась теория Вина, рассмотревшего излучение движущихся ионов на основе теории Планка. В том же году В. Вин использовал эту теорию для анализа спектра рентгеновского излучения. Его выводы хорошо подтвердились опять же в 1912г, после открытия диффракции рентгеновсих лучей.

В это же время в серии работ П. Эренфест выявил одно из важнейших свойств теории квантов. Световые кванты действительно являются частицами, но такими, которые коренным образом отличаются от всех других корпускул, рассматривавшихся ранее физиками. А именно: они не независимы, но коррелируют между собой совершенно невероятнным, с точки зрения классической физики, образом. Результаты Эренфеста соответствовали эйнштейновской работе 1909 г. по флуктуации энергии и импульса чернотельного излучения. Исходя из закона Планка, Эйнштейн показал, что выражение для флуктуаций содержит два члена. Первый соответствует флуктуациям газа, состоящего из независимых частиц, второй – флуктуациям интерферирующих световых волн. Первый соответствует закону Вина, второй – доминирует в пределе, описываемом законом Рэлея-Джинса. Закон Планка включал оба аспекта – и волновой, и корпускулярный, – что воодушевило Эйнштейна заниматься поисками объединяющей оба аспекта теории.

Состоявшийся в Брюсселе первый сольвеевский конгресс, собравший «цвет» физиков начала века, ясно и на сей раз окончательно выявил неспособность классической механики и классической электродинамики разрешить трудности, сконцентрировавшиеся в теории излучения черного тела. «Результатом обсуждения всех этих вопросов является судя по всему, всеобщее признание *неадекватности* классической электродинамики в описании поведения систем атомных размеров» (Бор, 1913, с. 2, курсив мой. – **Р. М. Н.**). Значение конгресса для распространения идей дискретности трудно переоценить. Уже через месяц после возвращения из Брюсселя Анри Пуанкаре представил вариант доказательства необходимости отказа от непрерывности, положив начало потоку французских публикаций по теории квантов. Джеймс Джинс, один из самых известных сторонников классической теории, признал теорию квантов уже в 1913 г.

Таким образом, несмотря на то, что гипотезе **световых** квантов оставалось ждать всеобщего признания еще более десяти лет, успехи квантовой теории в предсказании новых реальных эффектов, наглядно выявили недостаточность волновой теории и лежащего в ее основе понятия эфира. Как заметила американский историк науки Э. Гарбер (1976, с. 123), все исследователи (кроме лорда Рэлея), занимавшиеся проблемой чернотельного излучения до первой мировой войны, были связаны также и с вопросами теории относительности. Даже первая работа Д. Джинса, в которой он признал необходимость теории квантов, называлась «Планк и неклассическая механика».

Серьезно подорвали позиции классической теории выдвинутые в рамках квантовой подпрограммы теории (атомные модели) Н. Бора (см. вторую главу данной работы). С их созданием в рамках синтетического объединения механики и электродинамики были объяснены и предсказаны многочисленные факты, которые никак не могли быть выведены из программы Лоренца. Когда Г. Хевеши рассказал А. Эйнштейну о том, что боровское объяснение происхождения линий Пиккеринга подтвердилось экспериментально, «большие глаза Эйнштейна стали еще больше, и он сказал мне: «Ну, тогда это одно из величайших открытий» (письмо Г. Хевеши Э. Резерфорду от 14 октября 1913 г.). В письме Н. Бору (23 сентября 1913 г.) Г. Хевеши описывает реакцию Эйнштейна на другое боровское открытие: «Получается, что частота света вообще не зависит от частоты электрона. Это – чрезвычайно важное достижение. Тогда теория Бор должна быть справедлива» (оба письма цитируются по работе Клейна, 1970, с. 273).

Первая программная статья Бора (1913) пестрит выражениями типа «неадекватность классической электродинамики» (с. 2, 3), «второе предположение находится в очевидном противоречии с обычными идеями электродинамики» (с. 7), «провал классической механики в решении такой проблемы» (с. 19). Другие его работы также содержат высказывания типа: «Попытка осуществления такой программы на основе классических законов механики и электродинамики связана с непреодолимыми затруднениями» (Бор, 1923, с. 31), «системы вышеупомянутого типа по обычным механическим и электродинамическим представлениям не могут обладать достаточной устойчивостью» (1920, с. 31). «Если рассматривать этот вопрос с точки зрения обыкновенной механики и электродинамики, то оказывается невозможным не только найти в этой схеме что-либо для определенных свойств отдельных элементов, но даже для понимания постоянства веществ» (1923, с. 72).

Один из основных выводов первой квантовой статьи Бора состоит в следующем (с. 19): «Наше намерение однако, состояло в демонстрации того, что сжатое обобщение теории стационарных состояний может, возможно, обеспечить простую основу для представления некоторых экспериментальных фактов, которые не могут быть объяснены обычной электродинамикой, и что использованные допущения представляются не несовместимыми с экспериментами, относящимися к явлениям, для которых было дано удовлетворительное объяснение классической динамикой и *волновой теорией света*» (курсив мой. – **Р. М. Н.**).

Но **существуют и более прямые подтверждения связи принятия специальной теории относительности с развитием квантовой теории**. В речи, произнесенной на торжественном собрании Казанского университета 5 ноября 1910 г., профессор Д. А. Гольдгаммер вкратце обрисовав современное состояние теории эфира, задает риторический вопрос: «Не падает ли учение об эфире, как пало много теорий разного рода? И этот вопрос не праздный, ибо тенденция вовсе освободиться от эфира существует в современной физике. В теории Эйнштейна нигде нет речи об эфире, как нет о нем речи и в учении об абсолютном мире у Минковского. Значит ли это, что эфира не нужно, что его нет? Отнюдь нет: ведь из того что в гидродинамике или акустике нет речи об атомах или молекулах, еще не следует, что их нет... Однако Эйнштейн и другие склонны вовсе отрицать существование эфира, и свет поэтому для ученых не волны в эфире, как это установил еще Хр. Гюйгенс, а летящие в абсолютно пустом пространстве материальные частицы, как это представлял себе Ньютон...

Возникает естественно вопрос, каким образом родилась идея о несуществовании эфира. Как это ни странно, на первый взгляд, но эта идея имеет до некоторой степени как бы опытные основания. Представим себе полое внутри, твердое тело: его полость сообщается с наружным пространством лишь при помощи малого отверстия и вычернена внутри...» (Гольдгаммер, 1911, с. 162, 163, 164). И далее Гольдгаммер описывает результаты опытов Рубенса и Курльбаума и первую квантовую теорию Планка. «Световой атом» или «атом энергии Планка» навеял идею отказаться от эфира и вернуться к ньютоновой теории света» (1912, с. 272).

В Англии известный физик Норман Кемпбелл (Кембридж, Тринити Колледж) начал свой обзор «Эфир» с указания на то, что «недовольство эфиром, без сомнения, по большей части вызвано новыми теориями атомистического характера лучистой энергии и тем фактом, что принцип относительности является достаточной основой для электромагнитной теории» (Кемпбелл, 1910, с. 181). В конце обзора он отмечает, что «моя цель – не в том, чтобы привести все аргументы против этой концепции, но лишь те, которые представляются мне в настоящее время наиболее разрушительными. Недавняя работа Бухерера, и атомные теории Дж. Дж. Томсона и Планка (последняя недавно развита Штарком до такой степени, что сильно напоминает первую из перечисленных) будут найдены сторонниками эфира очень трудными для ассимиляции или для отбрасывания; если же это удастся им сделать, то концепция эфира будет заслуживать того, чтобы быть сохраненной».

В США один из создателей эмиссионных теорий Якоб Кунц указывал на то, что «принцип относительности, отбрасывая эфир, придает особое значение элементам электромагнитной энергии, которые в определенной мере аналогичны материальным частицам... принцип относительности и теория излучения Планка предполагают излучение и поглощения света дискретным...» (Кунц, 1910, с. 314).

Работавший в то время в России Пауль Эренфест заключил статью с говорящим за себя названием «Кризис в гипотезе о световом эфире» указанием на сложную группу «вопросов, которая может быть возмет на себя в дальнейшей судьбе эфирной гипотезы наиболее видную роль – я говорю о том запутанном клубке задач, который в настоящее время связывают с боевым названием «атомы света» (Эренфест, 1913, с. 161).

В широко известном учебнике «Курс физики» О. Д. Хвольсон перечисляет «ряд предположений, которые получились как следствие теории относительности принятой в полном ее объеме, или возникли в тесной с нею связи:

1. Эфир не существует...

5. Энергия обладает инертною массою; она аналог материи и возможны превращения того, что мы называем массою весомой материи, в массу энергии и обратно.

6. Энергия может иметь самостоятельное существование, независимо от какого-либо материального, в самом общем смысле слова субстрата. Она может испускаться и поглощаться телами и распространяться в пространстве, которое абсолютно пусто в самом буквальном смысле слова.

7. Энергия может иметь атомное строение. Это относится, прежде всего, к лучистой энергии (см. одну из следующих глав). Пункты 5 и 6, вместе взятые, представляют возвращение к теории истечения (к теории Ньютона), хотя и в измененной форме» (Хвольсон, 1912, с. 400). Но, пожалуй, наиболее сильным аргументом в пользу развиваемой точки зрения являются работы американского физика Джилберта Н. Льюиса (Бостон, Массачусеттский технологический институт), который как и Эйнштейн – в зальцбургском докладе, – **в явном** виде воспроизвел цепочку рассуждений, ведущую от работы 1905а по квантам света к работе по СТО. (Не случайно именно Льюису принадлежит сам термин «фотон»). Начало его работы достаточно красноречиво: «Недавние публикации Эйнштейна (Ann. Phys., XVIII, p. 639, 1905) и Комштока (Phil Mag., XV, p. 1, 1908) по соотношению массы и энергии придали мне смелости опубликовать некоторые идеи по этому вопросу, которые всего лишь несколько лет назад казались чисто спекулятивными, но которые настолько подтвердились недавними успехами экспериментальной и теоретической физики, что кажется желательным подвергнуть их строгой логической разработке, несмотря на то, что придется изменить те фундаментальные принципы механики весомых тел, которые оставались неизменными со времен Ньютона».

Из чего исходит в своих рассуждениях Льюис? Любой человек, незнакомый с господствующими теориями света и знающий только, что свет движется с определенной скоростью, и что в световом луче с той же скоростью переносятся импульс и энергия, естественно предположит, что в этом луче переносится нечто обладающее массой и, следовательно, импульсом и энергией. «Этого постулата оказывается достаточно для того, чтобы показать, что масса тела зависит от его энергии, и что аксиому Ньютона, согласно которой масса тела не зависит от скорости, необходимо заменить другой, согласно которой масса тела растет вместе с кинетической энергией. Сохраняя все остальные аксиомы ньютоновской механики и предполагая выполнимость законов сохранения массы, импульса и энергии, Льюис строит новую механику. В ней масса тела является функцией скорости и становится бесконечной при достижении им скорости света. Полученное им уравнение согласовывалось с опытами Кауфмана по связи массы электрона с его скоростью. Это уравнение, *m=E/υ2* (8), оказалось в удивительном соответствии с уравнениями, полученными для электромагнитной массы.

«Необходимо отметить, что уравнение (8) было также получено Эйнштейном, который вывел его из общих уравнений электромагнит-ной теории, с помощью так называемого принципа относительности. То, что различные методы исследования приводят к одному и тому же простому уравнению, говорит о несомненной справедливости нашего фундаментального постулата» (с. 708).

Основа теории Льюиса – это, по сути дела, модифицированная корпускулярная теория света. Эта теория, как уже упоминалось, в начале века отнюдь не была общепризнанной, и Льюис, конечно же, вынужден делать оговорки: «Предлагаемая здесь точка зрения, которая, на первый взгляд, является новой версией старой корпускулярной теории света, может многим показаться несовместимой с электромагнитной теорией. Если бы это было действительно так, я бы не отважился выдвинуть ее, поскольку идеи Максвелла являются не столько теорией, сколько экспериментальными фактами. Новая теория предлагается ни в коем случае не для того, чтобы заменить, а для того, чтобы дополнить принятые теории света...» (с. 716).

Эти простодушные отговорки не могли спасти от резкой критики, примером которой служит статья Л. Т. Мура (1911, с. 19). В ней работа Льюиса оценивается как «хитроумная попытка объединить современные идеи с ньютоновской механикой. Автор пытается обосновать две различные вещи: во-первых, утвердить корпускулярную теорию света, и во-вторых, объяснить инерцию, полностью или частично, как функцию скорости». Аргументы Мура увесисты и прямолинейны: теория Льюиса встречается «с трудностями всех корпускулярных теорий света, когда они пытаются объяснить такие явления как интерференция, поляризация, диффракция и т. д.» (с. 19).

И все-таки дело было сделано, и связь между гипотезой о квантах света и специальной теорией относительности была еще раз предана огласке! И в следующей работе (1909, с. 511, с. 512), написанной совместно с будущим известным специалистом по релятивистской термодинамике Ричардом Толманом, авторы, вкратце обрисовав специальную теорию относительности Эйнштейна, замечают: «Эти два закона, будучи взяты вместе, образуют принцип относительности... Однако система механики, которую он (то есть Эйнштейн) получает, идентична не-ньютоновской механике, развитой с совершенно отличных позиций одним из настоящих авторов... Следствия, которые один из нас получил из простого предположения, что луч света обладает массой, и законов сохранения массы, энергии и импульса, Эйнштейн вывел из принципа относительности и электромагнитной теории».

К 1910 году постулаты специальной теории относительности стали восприниматься как **самостоятельные** законы, а не просто как следствия из теории Лоренца (Илли, 1981). Можно сказать, что именно в это время происходит «дивергенция» (Чудинов) доселе эмпирически-эквивалентных программ Лоренца и Эйнштейна. Программа (точнее, квантовая подпрограмма) Эйнштейна стала обеспечивать открытие новых фактов, необъяснимых соперницей, и постепенно «вытеснять» программу Лоренца с физической «арены». Но с 1905 г. по 1910 г. настоячивые призывы Эйнштейна отбросить эфир большинством его современников просто игнорировались. В 1908 и 1909 гг. Бухерер получил экспериментальные результаты в пользу теории Лоренца – Эйнштейна и одновременно заявил о своей приверженности концепции нематериального эфира (Мак-Корммак, 1970). До 1910 г. очень немногие физики обращали внимание на теорию квантов. Этот факт иногда интерпретируется как свидетельствующий в пользу «математического» объяснения победы Эйнштейна над Лоренцем: СТО была принята благодаря авторитету ведущих математиков, вскрывших связи этой теории с одной из областей геометрии (Илли, 1981). Действительно, многие очевидцы описываемых событий подчеркивают именно математические достоинства СТО. Видный российский физик начала XX века Д. А. Гольдгаммер писал, что «идеи Эйнштейна и Минковского удивляют нас не одной только своей смелостью: они чрезвычайно, так сказать, изящны с математической стороны. Благодаря этому они действуют столь подкупающим образом, что невольно хочется, чтобы все эти выводы были верны. И по всей вероятности они окажутся верными, именно верными с математической стороны. Я подчеркиваю слово «математической», потому что далеко не всегда то, что математически верно, является физической реальностью» (Гольдгаммер, 1911, с. 159).

Принцип относительности мог быть использован в качестве математического ограничения на возможные законы природы без явной физической или философской интерпретации (Пуанкаре, 1905), в качестве требования инвариантности уравнений Максвелла относи-тельно группы Лоренца. (Принадлежащее Феликсу Клейну понятие группы было введено и использовано им в Эрлангенской Программе – см. Визгин, 1975). Как указывал (в 1920 г.) Р. Мизес, «около 1908, в связи с работами Минковского, новая электродинамика Эйнштейна стала превращаться в лидирующую теорию» (см. Пайнсон, 1979).

Конечно, влияние математической стороны СТО на ее принятие научным сообществом бесспорно. Но «математическое» объяснение не может претендовать на полноту и, конечно, не может быть решающим хотя бы в силу следующих двух обстоятельств.

Во-первых, как убедительно показал Л. Пайнсон (1985), геттингенские математики приняли фактически не теорию Эйнштейна, а теорию Лоренца. Теория Г. Минковского, сформулировавшего теорию относительности как теорию абсолютного, четырехмерного пространства-времени, отличалась от теории Эйнштейна многими особенностями. Например, теория Минковского основывалась на понятии электромагнитного эфира (особенно явно это отражено в лекции «Принцип относительности», прочитанной Минковским в 1907 г.).

Во-вторых, все участники геттингенского семинара – и Давид Гильберт, и Герман Вейль, и Феликс Клейн, и Герман Минковский писали для достаточно **узкого** круга читателей. Их идеи и были известны этому кругу, но не более того. И действительно, Макс Планк, давая характеристику состояния СТО, заметил, что «нет ничего удивительного, что эти отвлеченные вопросы заинтересовали только математиков... Но и настоящие беспристрастные физики – экспериментаторы – не относятся враждебно к теории относительности, а дают вопросу спокойно развиваться и свое отношение к нему ставят просто в зависимость от того, какие результаты дает опытная проверка» (Планк, 1911, с. 145).

Другой редактор ведущего физического журнала того времени – «Аннален дер Физик» – Вильгельм Вин начал в 1907 г. свое первое изложение теори относительности с указания на то, что, в противоположность неевклидовым спекуляциям математиков, именно экспериментальная физика проложила путь к изменению взглядов на пространство и время (Пайнсон, 1985, с. 145). Вин, отличая вклад Г. Лоренца от вклада А. Эйнштейна, подчеркивал, что открытие СТО «носит индуктивный характер».

Судя по всему, именно игнорирование тесно связанных с экспериментом работ по теории квантов является причиной того, что члены геттингенского семинара по электронной теории («геттингенские доценты», как их называет канадский историк науки Л. Пайнсон), не стали создателями СТО.

Рамки данного исследования не позволяют рассмотреть развитие квантовой подпрограммы более детально. Может быть в этом нет необходимости: истории квантовой теории посвящены работы Джеммера, 1985, Франкфурта и Френка, 1975, Ельяшевича, 1977, Хунда, 1980, и многих других. Выделим лишь наиболее интересные для данного исследования этапы.

Это – результаты Ч. Баркла (1908), подтвержденные впоследствии Э. Вагнером, согласно которым в случае флюоресценции рентгеновских лучей частота вторичного излучения меньше частоты возбуждающего его первичного излучения в полном соответствии с правилом Стокса и с формулой фотоэффекта, выведенной Эйнштейном. В 1916 г. эта формула была убедительно подтверждена Р. Милликеном. Правда, последний при этом отмечал, что «полукорпускулярная теория, при помощи которой была получена формула Эйнштейна, сейчас представляется полностью неприемлемой» (цит. по работе Мейры, 1982, с. 513).

Видным сторонником гипотезы световых квантов стал И. Штарк, рассмотревший в 1909 г. образование рентгеновских лучей как результат взаимодействия электронов с антикатодом. Его исследование основывалось на законе сохранения энергии между электроном и световым квантом.

Важным свидетельством в пользу гипотезы световых квантов стала работа Э. Шредингера по эффекту Допплера (1922 г.), показавшего, что описание смещения частоты движущихся атомов приводит к одним и тем же результатам как в классической волновой теории, так и в теории световых квантов.

И, наконец, это – опыты А. Комптона, наиболее убедительно показавшие, что «удовлетворительное описание рассеяния рентгеновских лучей не может быть дано на основе классической электродинамики» и что «рассеяние рентгеновских лучей – это квантовый феномен» (Комптон, 1923; цит. по работе Мейры, 1982, с. 525, 527).

В 1924 С. Бозе впервые вывел формулу Планка для спектра излучения черного тела прямо из гипотезы световых квантов при помощи новой статистики. Эйнштейн в 1924 – 1925 гг. использовал эту статистику для создания квантовой теории одноатомных газов.

В то же самое время Луи де Бройль в докторской диссертации показал, что для корректного описания квантовых явлений мы с необходимостью должны наделить материю волновыми свойствами.

Несмотря на достигнутые успехи, квантовая теория излучения ставила еще более трудные проблемы, связанные с ее отношением к классической теории излучения, классической статистической механике и классической термодинамике, которые и были позже частично решены в работах по квантовой механике, квантовой электродинамике и квантовой теории поля.

В итоге, автор хотел бы еще раз напомнить, что он предлагает лишь новую теоретическую **реконструкцию** перехода Лоренц – Эйнштейн, которая, хотя и превосходит предложенные реконструкции в определенных отношениях, но не может, как таковая, претендовать на исчерпывающий и законченной анализ **всех** причин принятия СТО научным сообществом .Тем не менее, автор настаивает на том, что этот анализ не может быть дан без учета работ Эйнштейна и его современников по теории квантов.

**Заключение к § 3 гл. 5.** Работы в области квантовой теории в значительной мере способствовали утверждению специальной теории относительности и отказу от теории Лоренца.

**Заключение к главе пятой**

***Все три статьи, опубликованные А. Эйнштейном в 1905 году (включая специальную теорию относительности) и более поздние работы по статистической физике, квантовой теории и общей теории относительности были частями единой исследовательской программы объединения механики и электродинамики. Возникнув как единое целое, эта программа затем разделилась на квантовую и релятивистскую подпрограммы, развивавшиеся относительно самостоятельно. Для понимания причин победы Эйнштейна над Лоренцем необходимо учитывать исследования по теории квантов.***

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей книге мы стремились обрисовать контуры нормативной модели смены фундаментальных научных теорий продемонстрировать эффективность ее применения на примере перехода «Лоренц – Эйнштейн». Нелишне еще раз подчеркнуть, что ни сама модель, ни задаваемые ей теоретические реконструкции ни в коей мере не являются **окончательными.** Единственное, на что претендует автор, – это лишь на то, что они **лучше –** в определенных аспектах – предложенных к настоящему времени моделей и реконструкций. Поэтому не только нельзя констатировать, что все проблемы – методологического и историко-научного характера (даже сформулированные в начале данного исследования) – полностью и окончательно решены. Напротив, предлагаемая концепция ставит (а иногда по-новому формулирует) ряд сложных и интересных задач. Перечислим вкратце некоторые из них.

Во-первых, желательно выяснить, насколько данная концепция является универсальной, уточнить область ее применимости. Может ли она претендовать на реконструкцию всех процессов смены в истории физики, и если не может, то каких именно? Ответ на последний вопрос представляет для модели исключительный интерес, поскольку он может указать на возможные направления ее дальнейшего совершенствования. Скажем, способна ли наша концепция дать достаточно адекватные описания переходов «Птолемей – Коперник» или «Аристотель – Галилей – Ньютон»?

Далее, применима ли наша модель к развитию других естественных наук, скажем, к историям химии и биологии? Может ли она описать переходы «Пристли – Лавуазье» или «Ламарк – Дарвин»?

Во-вторых, как «работает» модель в **современной** физике? Способна ли она указать определенные направления крайне актуального сейчас синтеза общей теории относительности и квантовой теории поля? Некоторые попытки (см., например, Нугаев, 1987) обнадеживают, но до реальных результатов еще далеко.

В-третьих, реконструкция научной революции в физике в начале XX века также ставит не меньше проблем чем решает. Несмотря на то, она ориентирует исследователей на единое, целостное рассмотрение двух рассматривавшихся, как правило, изолированно, научных революций – квантовой и релятивистской – встает вопрос о более детальном рассмотрении взаимодействия «эйнштейновской» и «боровской» программ. Дальнейшее продвижение в этом направлении предполагает рассмотрение, возможно, под новым углом зрения, истории становления квантовой механики начиная с 20-х годов.

И, наконец, последней (отнюдь не по важности) является проблема взаимодействия когнитивных и социальных факторов в процессе смены фундаментальных теорий. Иногда отказ от стандартной гипотетико-дедуктивной интерпретации естественнонаучной теории (см. подробнее введение) воспринимается как свидетельство в пользу так называемой «сильной программы» социологии науки, сформулированной Д. Блуром, с. Барнсом и др. (см., например, обзор «Современная западная социология науки», 1988). С точки зрения сторонников этой программы, движущие силы развития научного познания определяются не внутренними факторами развития науки, а ее социокультурным окружением. Именно последнее оказывает решающее влияние на смену фундаментальных теорий. Например, согласно работе американского историка науки П. Формана «Веймарская культура, причинность и квантовая теория», причиной перехода от классической механики к квантовой было распространение среди немецких физиков экзистенциалистской « философии жизни», характеризующейся антагонизмом к рациональности. Одним из каналов, через который индетерминистские настроения «проникали» в среду немецких ученых, была философия Шпенглера (см. подробнее Мамчур, 1987).

Как справедливо (там же) отмечает Е. А. Мамчур, необходимо проводить различие между социальной природой познания, его социокультурной обусловленностью и социокультурной детерминацией. Концепция социальной природы познания – важнейший принцип гносеологии: подлинным субъктом познания является все человеческое общество. Согласно тезису о социокультурной обусловленности познания, разделяемому подавляющим большинством исследователей (см., например, Бляхер и Волынская, 1976; Казютинский, 1979; Карпинская, 1980; Кузнецова, 1984; Пахомов, 1985 и др.), социокультурные факторы через философию, картину мира, идеалы научного познания оказывают определенное влияние на процесс научного познания.

Но тезис о социокультурной детерминации требует, чтобы социокультурные факторы определяли саму внутреннюю логику развития науки и, как таковой, вызывает определенные трудности в интерпретации различных периодов развития науки (подробнее см. Мамчур, 1987).

Таким образом, проблема взаимодействия социальных и когнитивных факторов в процессе смены фундаментальных теорий остается нерешенной. Состоит ли влияние социокультурных факторов в том, что из нескольких возможных направлений дальнейшего развития, нескольких программ «социокультурным окружением» отбираются те, которые в него лучше «вписываются» (Степин, 1987, с. 69 – 72)? Или же для понимания научной революции необходимо прежде всего выявить ее культурную значимость, то есть выяснить не механизмы преобразования знаний, а выработать представления о том, как развивается культура (Юдин, 1987)?

Автор хотел бы надеяться на то, что дальнейшее исследование этих проблем в рамках концепции науки, связывающей воедино важнейшие аспекты ее развития – когнитивный, культурологический и институционный – и носящий поэтому междисциплинарный, комплексный характер, позволит дать более определенные ответы на сформулированные выше вопросы.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Арефьева И. Я., Волович И. В. Суперсимметрия: теория Калуцы – Клейна, аномалии, суперструны. – Успехи физических наук, 1985, том 146, вып. 4, с. 655 – 681.

Аронов Р. А. К проблеме универсальности пространства и времени. – Вопросы философии, 1974, № 2, с. 127 – 138.

Аршинов В. И. Уровни в структуре физического знания. – Философские науки, 1973, № 6, с. 51 – 60.

Ахундов М. Д., Илларионов С. В. Методологический анализ современного этапа развития квантовой теории поля. – В сб.: Методы научного познания и физика. – М.: Наука, 1985, с. 290 – 301.

Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента: от античности до XVII века. – М.: Наука, 1976. – 292 с.

Биррелл Н., Девис П. Квантовые поля в искривленном пространстве-времени.– М.: Мир, 1984. – 356 с.

Блок Леон. Современные гипотезы о структуре света. – Физическое обозрение, 1911, т. 12, № 4.

Бляхер Е. Д., Волынская Л. М. «Картина мира» и механизмы познани.я – Душанбе: Ирфон, 1976. – 151 с.

Болотовский Б. М. О значении методологии в научном познании. – Природа, 1977, № 1, с. 146 – 149.

Бор Н. О спектре водорода. – В сб.: Н. Бор. Три статьи о спектрах и строении атомов. М. – П., 1923.

Бор Н. Строение атомов и физико-химические свойства элементов. – Там же.

Бор Н. Избранные научные труды. – И. М.: Наука, 1971. – 675 с.

Борзенков В. Г., Лебедев С. А. Основные философские проблемы современного естествознания. Отв. Ред. В. И. Купцов. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 149 с.

Бранский В. П. Проблема синтеза релятивистских и квантовых принципов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. – 176 с.

Брутян Г. А. К вопросу о методологической оценке концепции дополнительности Н. Бора. – Вестник Ереванского университета. Общественные науки, 1973, № 3, с. 47 – 57.

Бурсиан В. Опытные исследования по вопросу о влиянии движения вещества на эфир. – Новые идеи в физике, 1904, сб. 3, с. 30 – 45.

Венцковский Л. Э. Философские проблемы науки. – М.: Наука, 1982. – 190 с.

Визгин В. П. Релятивистская теория тяготения: истоки и формирование.   
1900 – 1915. – М.: Наука, 1981. – 352 с.

Вихалемм Р. Л. Понятие «логика развития науки» и некоторые методологические вопросы анализа истории науки. – Философские науки, 1977,   
№ 5, с. 105 – 113.

Гайденко П. П. Эволюция понятия науки: становление и развитие первых научных программ. – М.: Наука, 1980. – 566 с.

Гинзбург В. Л. Как развивается наука? Замечания по поводу книги Т. Куна «Структура научных революций». – Природа, 1976, № 6, с. 73 – 85.

Гольдгаммер Д. А. Наши сведения об эфире. Казань, университетская типография, 1980.

Гольдгаммер Д. А. Новые идеи в современной физике. – Физическое обозрение, 1911, т. 12, № 1, 2, с. 1 – 35, 76 – 155.

Гольдгаммер Д. А. О гипотезе световых количеств. – ЖРФХО, физическое отделение, 1912, т. 18, в. 7.

Гольдгаммер Д. А. Время. Пространство. Эфир. – ЖРФХО, 1912, в. 5, с. 173 – 189.

Грюнбаум А. Философские проблемы пространства и времени. – М.: Прогресс, 1969. – 560 с.

Грязнов Б. С., Садовский В. Н. Проблемы структуры и развития науки Бостонских исследованиях по философии науки: Вступ. статья. – В кн.: Структура и развитие науки: Из Бостонских исследований по философии науки. М., 1973,   
с. 5 – 39.

Делокаров К. Х. Эйнштейн и Мах. – В кн.: Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. – М.: Наука, 1979, с. 484 – 503.

Де Бройль Л. Таинственная постоянная *h –* великое открытие Макса Планка. – В сб.: По тропам науки. – М.: ИИЛ, 1962, с. 139 – 146.

Джеммер Макс. Эволюция понятий квантовой механики. – М.: наука, 1985. – 379 с.

Дирак П. А. М. Лекции по квантовой теории поля. – М.: Мир, 1971. – 243 с.

Дышлевый П. С. Философские проблемы теории гравитации. – В сб.: Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. – Киев: Наукова думка, 1965, с. 14 – 29.

Дышлевый П. С. Естественнонаучная картина мира как форма синтеза знаний. – М.: Наука, 1973, с. 94 – 120.

Дюгем П. Физическая теория, ее цель и строение. СПб., 1910.

Ельяшевич М. А. От возникновения квантовых представлений до становления квантовой механики. – Успехи физических наук, 1977, т. 122, с. 673 – 718.

Зелиг К. Альберт Эйнштейн. – М.: Атомиздат, 1966. – 230 с.

Золотарев В. К. К вопросу об эквивалентных описаниях в физике. – В кн.: Некоторые философские вопросы современного естествознания. М., 1974, с. 92 – 130.

Зотов А. Ф. Структура научного мышления. – М.: Политиздат, 1973. – 182 с.

Зотов А. Ф., Воронцова Ю. Буржуазная «философия науки» (становление, принципы, тенденции). – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 200 с.

Ильин Б. В. О фотоэлектрическом эффекте. – Физическое обозрение, 1913, т. 14, № 3.

Казютинский В. В. Космология, картина мира и мировоззрение. – В кн.: Астрономия. Методология. Мировоззрение. – М.: Наука, 1979, с. 224 – 251.

Карпинская Р. С. Биология и мировоззрение. – М.: Наука, 1980. – 256с.

Карпович В. Н. О логико-методологических основаниях различения теоретических и эмпирических терминов. – В кн.: Методы логического анализа. М., 1977, с. 18 – 25.

Касавин И. Т. Теория познания в плену анархии. – М.: Политиздат, 1987. – 181 с.

Кард П. Г. Принципы относительности и тождественности в теории относительности. – В. кн.: Физическая наука и философия. М., 1973, с. 266 – 270.

Кемпбелл Н. Р. Современная электрическая теория. – СПб.: Образование, 1912.

Кемпбелл Н. Р. Эфир. – В кн.: Новые идеи в современной физике. – СПб., 1913, в. 2, с. 107 – 124.

Клейн М. Д. Эйнштейн и дуализм волны-частицы. Эйнштейновский сборник. – М.: Наука, 1966, с. 212 – 258.

Клейн М. Д. Первая работа Эйнштейна по квантам. – Там же, с. 259 – 268.

Кобзарев И. Ю. А. Эйнштейн, М. Планк и атомная теория. - Природа, 1979, № 3, с. 8 – 26.

Коллингвуд Р. Дж. Идея истории. Автобиография. – М.: Наука, 1980. – 486 с.

Косарева Л. М. Предмет науки: социально-философский аспект проблемы. – М.: Наука, 1977. – 159 с.

Костюк В. Н. Выбор гипотезы в современном естествознании. – В кн.: Проблемы философии и методологии современного естествознания. М., 1973, с. 365 – 368.

Котович В. И. Движение материи в эфире. – Физическое обозрение, 1900, т. 10, с. 211.

Кравец А. С. Концептуальные модели и развитие физических теорий. – В кн.: Методы научного познания и физика. М.: 1985, с. 47 – 63.

Кравченко А. М. Критика конвенционализма в обосновании физических теорий. – В. кн.: Философские проблемы современного естествознания. Киев, 1977, в 42, с. 120 – 124.

Кравченко А. М. Философские проблемы обоснования физической теории. – Киев: Наукова думка, 1985. – 241 с.

Крымский С. Б. О стиле мышления современного естествознания. М, 1973, с. 306 – 312.

Кузнецов Б. Г. Эволюция картины мира. – М.: Наука, 1961.

Кузнецов Б. Г. Дополнительность, кванты и относительность. – Эйнштейновский сборник, 1966, с. 121 – 176.

Кузнецов И. В. Избранные труды по методологии физики. – М.: Наука, 1975.

Кузнецова Л. Ф. Картина мира и ее функции в научном познании. – Минск: Изд-во БГУ, 1984. – 142 с.

Кузнецова Н. И. Некоторые проблемы анализа научного знания в работах И. Лакатоса. – В кн.: Методологические основы теории научного знания. Свердловск, 1973, ч. 2, с. 16 – 29.

Кузнецова Н. И. Об изучении развития научного знания. – В кн.: Проблемы методологии и истории научного познания. М., 1974, с. 146 – 156.

Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1975. – 288 с.

Кун Т. Замечания на статью Лакатоса. – В кн.: Структура и развитие науки. – М.: Прогресс, 1978, с. 270 – 283.

Лазарев Ф. В. Относительность и принцип интервальности. – В кн.: Проблемы теории познания, логики и методологии науки. М., 1974, с. 213 – 233.

Лакатос И. История науки и ее реконструкции. – В кн.: Структура и развитие науки. – М.: Прогресс, 1978, с. 203 – 270.

Лакатос И. Ответ на критику. – Там же, с. 330 – 333.

Ландау Л. Д. Теория квант от Макса Планка до наших дней. – В кн.: Макс Планк. 1858 – 1958. – М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 93 – 98.

Ленард П. Эфир и Материя. Доклад, прочитанный в заседании Гейдельбергской Академии Наук 4 июня 1910 г. – СПб., 1910.

Линде А. Д. Раздувающаяся Вселенная. – Успехи физических наук, 1984, т. 144, в. 2, с. 177 – 214.

Лодж Оливер. Непрерывность. Атомистическое напраление современных исследований и доводы в пользу консерватизма. – Физическое обозрение, 1912, т. 13, № 1.

Мамчур Е. А. Ценностные факторы в познавательной деятельности ученого. – Вопросы философии, 1973, № 9, с. 61 – 72.

Мамчур Е. А. Проблема выбора теории. – М.: Наука, 1975. – 231 с.

Мамчур Е. А. Проблема социокультурной детерминации научного знания. – М.: Наука, 1987. – 127 с.

Материалистическая диалектика и концепция дополнительности (Отв. ред. Н. П. Депенчук). – Киев: Наукова думка, 1975. – 207 с.

Мейерсон Э. Тождественность и действительность. – СПб., 1912. – 425 с.

Меликян С. С. Методологический анализ ситуаций выбора естественно-научных теорий. – Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1978. – 109 с.

Мелюхин С. Т. Марксизм-ленинизм и современная естественнонаучная картина мира. М.: Мысль, 1968.

Меркулов И. П. Гипотетико-дедуктивная модель и развитие научного знания. – М.: Наука, 1980. – 189 с.

Ми Г. Курс электричества и магнетизма. – Одесса: Матезис, 1912.

Микулинский С. Р., Маркова Л. А. Чем интересна книга Т. Куна «Структура научных революций»: послесловие к русскому изданию книги. – В кн.: Кун Т. Структура научных революций. М., 1975, с. 265 – 282.

Молчанов Ю. Б. Понятие одновременности и концепция времени в специальной теории относительности. – В сб.: Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. М., 1979, с. 138 – 162.

Нугаев Р. М. К проблеме выбора теории. – Философские науки, 1979, № 5, с. 120 – 123.

Нугаев Р. М. Возникновение и разрешение ситуаций выбора адекватной физической теории. – Философские науки, 1982, № 2, с. 81 – 89.

Нугаев Р. М. (Nugayev R. M.) Special relativity as a step in the development of quantum theory: a rational reconstruction of Lorentz – Einstein transition. – In: Papers of Soviet scientists submitted by the Soviet National Organizing Committee for the International Congress on Logic, Methodology and Philosophy of Science (Austria, Salzburg). – Moscow; Nauka, 1983, pp. 111 – 116.

Нугаев Р. М., Якупов М. Ш. Проблема выбора между метрическими и неметрическими теориями гравитации. – В кн.: Математизация естественнонаучного знания: пути и тенденции. – Казань: Изд-во КГУ, с. 105 – 121, 1984.

Нугаев Р. М. (Nugayev R. M.) A Study of Theory Unification. – The British Journal for the Philosophy of Science, 1985, vol. 36, pp. 159 – 173.

Нугаев Р. М. (Nugayev R. M.) The History of Quantum Theory as a Decisive Argument Favoring Einstein over Lorentz. – Philosophy of Science, 1985, vol. 52, pp. 44 – 63.

Нугаев Р. М. (R. M. Nugayev) Special Relativity as a step in the Development of the Quantum Programme: Revolution in a Revolution. – Centaurus, 1986, vol. 29, pp. 100 – 109.

Нугаев Р. М. Почему одна фундаментальная теория сменяет другую? – Вопросы философии, № 6, 1987, с. 90 – 98.

Нугаев Р. М. (R. M. Nugayev) Particle Creation by a Black Hole as a Consequence of the Casimir Effect. – Communications in the Mathematical Physics, 1987, vol. 111, pp. 579 – 592.

Нугаев Р. М. Возникновение и разрешение ситуации выбора адекватной релятивистской теории гравитации. – Философские науки, 1988, № 3, с. 32 – 42.

Печенкин А. А. Методологические проблемы развития квантовой химии. – М.: Наука, 1976. – 152 с.

Пивоваров Д. В. Метод альтернатив в современной «философии науки» и его границы. – Философские науки, 1979, № 6, с. 106 – 113.

Планк М. Отношение современной физики к механическому мировоззре- нию. – Физическое обозрение, 1911, т. 12, № 3.

Планк М. Единство физической картины мира. – В кн.: Планк М. Избранные труды. М., 1975.

Подгорецкий М. И., Смородинский Я. А. Об аксиоматической структуре физических теорий. – В кн.: Физическая теория. М., 1980, с. 53 – 61.

Поликаров А. По поводу концепции Т. Куна о развитии науки. – Философские науки, 1976, № 4, с. 105 – 113.

Поликаров А. Относительно классификации физических теорий. – Доклады БАН, 1979, т. 32., с. 419 – 422.

Поликаров А. П. Пролиферация и синтез физических теорий. – В сб.: Методы научного познания и физика. М., 1985, с. 168 – 178.

Поппер К. Р. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1983. – 605 с.

Порус В. Н. Структура научных революций и диалектика развития науки. О философских аспектах концепции истории науки Т. Куна. – Философские науки, 1977, с. 81 – 90.

Принцип дополнительности и материалистическая диалектика (Отв. ред. Л. Б. Баженов). – М.: Наука, 1976. – 367 с.

Пуанкаре А. Наука и метод. СПб, 1910.

Пружинин Б. И. Проблема рациональности в англо-американской «философии науки». – Вопросы философии, 1978, № 6, с. 135 – 146.

Раджабов У. А., Степанов Н. И. Проблема реальности физического пространства. – Вопросы философии, 1973, № 8, с. 162 – 165.

Разумовский О. С. Закон сохранения и превращения энергии и вариационные принципы в физике. – В кн.: Методологические проблемы науки, Новосибирск, 1974, в 2, с. 36 – 42.

Ракитов А. И. Философские проблемы науки: Системный подход. – М.: Мысль, 1977. – 270 с.

Роузвер Н. Т. Перигелий Меркурия от Леверье до Эйнштейна. – М.: Мир, 1985. – 244 с.

Рузавин Г. И. Методы научного исследования. – М.: Мысль, 1974. – 237 с.

Рузавин Г. И. Научная теория: логико-методологический анализ. – М.: Мысль, 1978. – 244 с.

Сарангов Ц. С. Эквивалентные теории в физике. – В сб.: История и методология естественных наук. М., 1978, в. 19, с. 48 – 58.

Сачков Ю. В. Представления о материальном объекте в структуре дополнительности. – В сб.: Принцип дополнительности и материалистическая диалектика. М., 1976, с. 158 – 169.

Симанов А. Л. Альтернативные теории: проблема поиска и выбора в научном познании. – В кн.: Фундаментальные и прикладные исследования в условиях НТР. Новосибирск, 1973, с. 254 – 287.

Смирнов В. А. Уровни знания и этапы процесса познания. – В кн.: Проблемы логики научного познания. М., 1964.

Современная западная социология науки. – М.: Наука, 1988. – 254 с.

Спасский Б. И. История физики, т. 2. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 300 с.

Станис Л. Я. Еще раз о постулате относительности и его философско-методологическом значении. – В кн.: Философские вопросы науки. М., 1972, с. 11 – 23.

Степин В. С., Томильчик Л. М. История формирования основных идей максвелловской электродинамики (логико-методологический анализ). – Минск: Изд-во БГУ, 1976.

Степин В. С. Становление научной теории. – Минск: Изд-во БГУ, 1976. – 319 с.

Степин В. С. Структура теоретического знания и историко-научные реконструкции. – В кн.: Методологические проблемы историко-научных исследований. – М.: Наука, 1982, с. 137 – 171.

Степин В. С. Научные революции как «точки» бифуркации в развитии знания. – В кн.: Научные революции в динамике культуры. – Минск: Изд-во БГУ, 1987, с. 38 – 76.

Субботин И. Ф. Теория относительности и небесная механика. – Астрономический журнал, 1956, т. 23, с. 251.

Суворов С. Г. Эйнштейн: становление теории относительности и некоторые гносеологические уорки. – Успехи физических наук, 1979, т. 128, в. 3, с. 459 – 501.

Тредер Г. Теория гравитации и принцип эквивалентности. – М.: Атомиздат, 1973. – 168 с.

Турубара В. А., Чудинов В. А. Методология исследовательских программ. – В сб.: История и методология естественных наук: Физика, М., 1978, в. 19, с. 59 – 82.

Турсунов А. К методологической оценке современных общефизических дискуссий о статусе пространства и времени. – Изв. АН Тадж. ССр, отдел общ. Наук. Душанбе, 1974, 13, с. 47 – 54.

Тяпкин А. А. О возможности различных теоретических описаний одной и той же совокупности экспериментальных данных. – В кн.: Физическая наука и философия. М., 1973, с. 281 – 288.

Уилер Дж. Предвидение Эйнштейна. – М.: Мир, 1970.

Уилл К. Теория и эксперимент в гравитационной физике. – М.: Энергоиздат, 1985. – 294 с.

Фейерабенд П. К. Ответ на критику. – В кн.: Структура и развитие науки. – М.: Прогресс, 1978, с. 419 – 470.

Фокин Е. И. Пространственно-временное описание в физике и реальность. – В кн.: Наука и техника (вопросы истории и теории). Л., 1972, в. 7, ч. 2, с. 236 – 239.

Франкфурт У. И., Френк А. М. Эйнштейн как историк науки. – Эйнштейновский сборник, 1966, с. 298 – 338.

Франкфурт У. И., Френк А. М. У истоков квантовой теории. – М.: Наука, 1975.

Френкель Я. И. Принципы квантовой динамики Бора. – В сб.: Новые идеи в физике. Непереодическое издание, выходящее под ред. Акад. А. Ф. Иоффе, ч. 2, строение атома. Культурно-Просветительное Трудовое Товарищество «Образование». Петроград, 1923.

Хвольсон О. Д. Предисловие. – В кн.: Майкельсон А. Световые волны и их применение. Одесса: Матезис, 1912.

Хвольсон О. Д. Принцип относительности. ЖРФХО, 1912, в. 10, с. 377 – 409.

Хунд А. История квантовой теории. – М.: Прогресс, 1980.

Холтон Д. К. К генезису специальной теории относительности. – Эйнштейновский сборник, 1966, с. 177 – 194.

Хютт В. П. Концепция дополнительности и проблема объективности физического знания. – Таллин: Валгус, 1977. – 181 с.

Чудинов Э. М. Теория относительности и философия. – М.: Политиздат, 1974. – 304 с.

Чудинов Э. М. Природа научной истины. – М.: Политиздат, 1977. – 312 с.

Чудинов Э. М. Гносеологический статус гипотезы ad hoc в структуре физического знания. – В сб.: Философия и основания естественных наук. – М.: Наука, 1981, с. 20 – 44.

Швырев В. С. Неопозитивизм и проблема эмпирического обоснования науки. – М.: Наука, 1966.

Швырев В. С. Теоретическое и эмпирическое в научном познании. – М.: Наука, 1978. – 382 с.

Штофф В. А. Проблемы методологии научного познания. – М.: Высшая школа, 1978. – 271 с.

Эйнштейн А. Физика и реальность. – В сб.: Физика и реальность. М., 1965, с. 3 – 60.

Эйнштейн А. К исследования состояния эфира в магнитном поле. – Природа, 1979, март. Написана в 1895 г.

Эренфест П. Принцип относительности. – ЖРФХО, 1910, в. 3.

Эренфест П. Кризис в гипотезе о световом эфире. – ЖРФХО, 1913, в. 4, с. 151 – 162.

Юдин Б. Г. Наука, культура и научные революции. – В кн.: Научные революции в динамике культуры. Минск, 1987, с. 120 – 138.

Юлина Н. С. Проблема метафизики в американской философии XX века. – М.: Наука, 1978. – 295 с.

Ярошевский М. Г. Логика развития науки и научная школа. – В кн.: Школы в науке. М., 1977, с. 7 – 97.

Bohr N. (1913): On the Constitution of Atoms and Molecules. – Philosophical Magazine, vol. 26, pp. 1-25, 476-502, 857-875. Имеется перевод: Бор Н. О строении атомов и молекул. – Собр. соч., т. I. – М.: Наука, 1970, с. 84 – 148.

Einstein A. Folgerungen aus den Capillazitatserchneinugen. – Annalen der Physik, 1901, vol. 4, pp. 513 – 523. Имеется перевод: Эйнштейн А. Следствия из явлений капиллярности. – Собр. соч., т. 3, 7 – 17. М., 1966.

Einstein A. Uber die thermodynamishe Theorie der Potential-differenz zwischen Metallen und vollstandig dissozierten Losungen ihrer Salze und eine elektrische Methode zur Erforschung der Molekularkrafte. – Annalen der Physik, 1902, vol. 8, pp. 798 – 814. Имеется перевод: Эйнштейн А. О термодинамической теории разности потенциалов между металлами и полностью диссоциированными растворами их солей и об электрическом методе исследования молекулярных сил. – Собр. соч., т. 3. М., 1966, с. 18 – 33.