

ПРЕДМЕТ И СТРУКТУРА ФИЛОСОФИИ НАУКИ В КОНТЕКСТЕ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Ч. II: СТАНОВЛЕНИЕ НЕКЛАССИЧЕСКОГО ПЕРИОДА

А.Л. Симанов

В статье рассматривается эволюция представлений о философии науки с учетом развития конкретных наук, и прежде всего – физики, история которой во многом представляет лицо истории науки. Цель исследования – попытка ответить на вопрос о возможности создания единой унифицированной философии науки.

Ключевые слова: философия, наука, теория, проблема, система, унификация

Пожалуй, можно сказать, что разрушение механистической картины мира и соответствующей ей методологической системы механицизма, который характеризует классический период развития науки, началось с 1820 г., когда появилась статья Г. Эрстеда с описанием фундаментального опыта по электромагнетизму, показавшего, что ток в прямолинейном проводнике, идущем вдоль меридиана, отклоняет магнитную стрелку от направления меридиана. Результат, полученный Эрстедом, поразителен не только тем, что наконец-то была решена старая проблема отношения электричества и магнетизма, но и тем, и это прежде всего, что он указал на существование сил ньютоновского типа. В самом деле, из опыта Эрстеда было ясно видно, что сила действует не по прямой, соединяющей магнитный полюс и элемент тока, а по нормали к ней. Классическое описание взаимодействия тел по ньютоновскому типу оказалось невозможным. Исследования А. Ампера и М. Фарадея продолжили разрушение абсолютизма методологической системы классической механики, а после создания Дж. Максвеллом электродинамики это разрушение уже стало неизбежным.

Для Максвелла исходным пунктом в создании электродинамики послужили исследования Фарадея, которые были столь оригинальны, что ученые-современники не могли ни воспринять их, ни усвоить. И это при том, что по своим исходным посылкам они были близки к идеям Декарта, а по методологии – к идеям Ньютона. Но, пожалуй, именно поэтому

работы Фарадея и не воспринимались, хотя в своей экспериментальной части получали наглядные и выразительные подтверждения. С теоретическими же рассуждениями было гораздо труднее: физикам-теоретикам, воспитанным на математических построениях Лапласа, Пуассона и Ампера, мысли Фарадея казались слишком расплывчатыми, а физикам-экспериментаторам – слишком абстрактными [1]. Кроме того, к концу XIX в. электродинамика представлялась уже окончательно сформированной, четко определенной наукой, а установленные принципы допускали практическое свое воплощение в процессе создания электрических машин. Как и в случае классической механики, казалось, что для придания этой теории окончательного блеска нужно было из полученных принципов вывести все следствия. Но Максвелл разрушил идиллическую картину, принципиально изменив исходные принципы электродинамики.

«Приступив к изучению труда Фарадея, – писал Максвелл, – я установил, что его метод понимания явлений был также математическим, хотя и не представленным в форме обычных математических символов. Я также нашел, что этот метод можно выразить в обычной математической форме и, таким образом, сравнить с методами профессиональных математиков. Так, например, Фарадей видел силовые линии, пронизывающие все пространство, там, где математики видели центры сил, притягивающих на расстоянии; Фарадей видел среду там, где они ничего не видели, кроме расстояния; Фарадей предполагал источник и причину явлений в реальных действиях, протекающих в среде, они же были удовлетворены тем, что нашли их в силе действия на расстоянии, приписанной электрическим флюидам. Когда я переводил то, что я считал идеями Фарадея, в математическую форму, я нашел, что в большинстве случаев результаты обоих методов совпадали, так что ими объяснялись одни и те же явления и выводились одни и те же законы действия, но что методы Фарадея походили на те, при которых мы начинаем с целого и приходим к частному путем анализа, в то время как обычные математические методы основаны на принципе движения от частных и построения целого путем синтеза. Я также нашел, что многие из открытых математиками плодотворных методов исследования могли быть значительно лучше выражены с помощью идей, вытекающих из работ Фарадея, чем в их оригинальной форме» [2].

И здесь мы видим сохранение классической методологической системы, но изменение исходных оснований теории. Такая ситуация вызвала серьезные затруднения в интерпретации максвелловского варианта электродинамики. Возражения были направлены как против использу-

мых фундаментальных положений и понятий, так и против слишком вольного обращения с методами, ставшими традиционными для физиков конца XIX в. Но поскольку уравнения, полученные Максвеллом, не только давали результаты, полностью согласующиеся с результатами эмпирическими, но и позволяли предсказывать новые следствия, то их просто приняли в качестве постулатов. Однако интерпретация этих уравнений была необходима хотя бы для того, чтобы понять, какую же реальность они описывают.

Методологическая система Ньютона требовала рассматривать пространство как пустоеместилище, а взаимодействие как непосредственный контакт тел или как действие на расстоянии без какого-либо промежуточного передатчика этого действия. Последнее не могло удовлетворить ученых, ибо предполагало, таким образом, отсутствие наглядности и объяснимости причин. Введение представлений об эфире только осложняло ситуацию, так как в этом случае появлялись совершенно несочетаемые свойства. Но идея эфира имела то неоспоримое достоинство, что позволяла ввести наглядное представление о передатчике взаимодействия. Кроме того, в определенных чертах она соответствовала предположениям, основанным на исследованиях Фарадея и Максвелла. Так, Фарадей писал по поводу ньютоновского варианта интерпретации материи как состоящей из атомов, находящихся в абсолютно пустом пространстве: «... Я чувствую большое затруднение в представлении атомов материи с промежуточным пространством, не занятым атомами... и я замечаю большие противоречия в выводах, вытекающих из такого воззрения» [3]. Его исследования по электричеству, особенно по электромагнитной индукции, привели к однозначному выводу, что материя «сплошь непрерывна, и рассматривая массу ее, мы не должны предполагать различия между ее атомами и промежуточным пространством» [4]. Но данное предположение является конкретизацией представлений Лейбница и Декарта, противостоящих взглядам Ньютона. Максвелл, продолжая исследования Фарадея, определил такую материю, сплошь заполняющую пространство, как *поле*, введя тем самым в физику понятие, разрушающее представление классической механики.

Однако и Фарадей, и Максвелл, находясь под сильным воздействием ньютоновской методологии, искали хотя бы аналогии между механическими и электродинамическими представлениями, а само поле поначалу мыслили как своеобразные зубчатые колеса, соединенные между собой и передающие взаимодействие. Разумеется, это лишь некий образ, примененный для большей наглядности, реализация метода аналогий,

представление явлений совсем другого уровня и качества в виде некоего механизма. Поэтому я не склонен видеть в этом образе рецидив механицизма. Последний проявлялся в том, что возникали попытки соединить новые полевые представления с ньютоновскими представлениями об абсолютности пространства, времени и движения. Ни Максвеллу, ни Лоренцу, который в своей электронной теории, по существу, хотел совместить несовместимое, решить эту задачу не удалось. Для преодоления всех возникающих при таких попытках противоречий необходимо менять представления об онтологических основаниях теории. Но сохранится ли при этом такая, казалось бы, устоявшаяся методологическая система, как система Ньютона, так или иначе продолжившая развитие аристотелевской методологии, но на новой, действительно научной основе? Иными словами, можно ли, меняя основания физики, сохранить аристотелизм ее методологии? Рассмотрим эту проблему более внимательно.

Фактически ни Галилей, ни Ньютон, ни кто-либо другой из исследователей не разрушали аристотелевскую методологическую систему, а совершенствовали ее, дополняя, уточняя, расширяя, в крайнем случае переинтерпретируя аристотелевские формулировки методологических принципов, но сохраняя их дух. Подчеркну, что речь идет в данном случае о конкретно-научном уровне методологии и философских принципах познания, «переведенных» на язык конкретных исследований. Менялись лишь онтологические основания теории, их интерпретация, что принципиально меняло лицо теории, относящейся к одному и тому же объекту. В результате при одних и тех же методологических основаниях, при одной и той же методологической системе мы получаем различные теории одного и того же объекта. Справедливости ради надо сказать, что такая точка зрения не имеет сколько-нибудь широкого распространения. Наоборот, подавляющее большинство исследователей полагают, что Галилей приступил к разрушению аристотелевской методологии, а Ньютон завершил этот процесс, сформулировав окончательный вариант механистической методологии. Лаплас дополнил его методологическим идеалом и осуществил своеобразную «инверсию», подняв методологию конкретно-научного уровня до уровня философского и завершив тем самым развитие метафизики. Формирование же электродинамики создало предпосылки для разрушения метафизико-механистической методологии.

Да, действительно, Галилей в своих исследованиях поставил во главу угла опыт, эксперимент вместо наблюдения у Аристотеля. Поспешной и необоснованной интерпретации явлений он противопоставил математически и логически обоснованные выводы. Аристотеля и его по-

следователей зачастую обвиняют в том, что они принимали видимое, кажущееся за действительное, которое утверждалось как окончательная истина. Например, Солнце, как мы видим, движется вокруг Земли, следовательно, Земля – центр Вселенной; тела плавают, но это зависит не от их веса, а от их формы и ширины, не позволяющих преодолеть сопротивление воды при погружении в нее, – такого рода выводы и гипотезы, выдвигаемые перипатетиками, можно перечислять еще и еще. И все они якобы противоречат тем истинам, которые были получены при использовании первой истинно научной методологической системы – механистической. Но если мы внимательно присмотримся к этим выводам и гипотезам, то разве не увидим, что они не только и не столько ложны, сколько либо относительны, либо неполны? Так, перемещение Солнца в центр мира, Вселенной ничуть не лучше, чем нахождение там Земли: и в том, и в другом случае мы имеем утверждение о существовании некоей абсолютной системы отсчета. Сейчас это понятно, и, мало того, для ряда навигационных вычислений используется, так сказать, птолемеевский вариант, да и всю астрономию в принципе можно построить по этому варианту: признание отсутствия абсолютной системы отсчета в принципе позволяет помещать в центр мира все что угодно, достаточно только подобрать соответствующий математический аппарат. В случае с плаванием тел перед нами пример неполной истины: ясно же, что плавание тел определяется не только их весом, но также и формой и площадью.

Итак, два примера – два вида истины, относительной и неполной, но истины. Конечно, в аристотелевской физике имеются ложные выводы и гипотезы, но они есть и у Галилея, и у Ньютона, и у всех других. И во всех приведенных вариантах мы видим лишь то, о чем уже говорили: неправильные выводы, ограниченные результаты и умозаключения можно получить и при использовании правильной методологии. Ясно, таким образом, что истинность результата определяется не только истинностью методологии. Она определяется еще и истинностью онтологических оснований теории, и философскими взглядами исследователя, выполняющими как методологическую функцию, так и мировоззренческую. Мировоззрение, мировосприятие исследователя зачастую и есть те рельсы, по которым «катится» его мысль. Преодоление прежде всего мировоззренческих стереотипов – первое условие получения принципиально новых фундаментальных результатов. При этом методологические основания теории могут и не изменяться кардинально.

Да, логика Галилея была мощной и убедительной, но это была аристотелевская логика. Такой же была – по духу – и его методология. Од-

нако мировоззрение и онтология теории были радикально изменены. Развитие электродинамики также привело к изменению прежде всего мировоззрения и онтологических оснований теоретических представлений. На смену идее дискретности пришла идея непрерывности, абсолютность была заменена относительностью, дальное действие – близкодествованием. Но принципы причинности, наглядности и др., методы математизации, анализа, синтеза и т.д. остались без существенных изменений, которые могли бы разрушить методологическую систему. Вместе с тем электродинамика формировала условия для такого разрушения. В целом же развитие естествознания второй половины XIX в. привело к тому, что в начале XX в. в методологии сложилась революционная ситуация, которая разрешилась в связи с созданием теории относительности и квантовой механики действительной революцией в методологии, разрушившей дух аристотелизма.

В самом деле, все попытки построения теории вещества и поля на основе классической методологии оказывались безуспешными, так как приводили к результатам либо противоречивым, либо неинтерпретируемым в рамках классической методологической парадигмы. Наиболее явно это проявилось при попытках построить электродинамику движущихся тел на основе классической методологии. Х. Лоренцу пришлось здесь вводить представления о сокращении размеров тел в направлении движения, что выглядело совершенно искусственным, и прийти к принципиальным противоречиям с принятыми представлениями о времени. Ньютоновские взгляды на пространство и время не позволяли преодолеть возникшие трудности. Необходимо было радикально менять фундамент теории, ее основания. Требовалось пересмотреть и методологическую систему. Последнее стало совершенно очевидным при развитии квантовой гипотезы. Если теория относительности позволяла в какой-то степени сохранить классическую методологическую систему, расширив интерпретацию и физическое обоснование ряда методологических принципов, то квантовая механика потребовала не только переинтерпретации принципов, методов исследования, но и создания совершенно новых. Этот процесс завершился тем, что классическая методология была дополнена и существенно обновлена. Рассмотрим его более подробно.

Выше уже упоминалось, что в своих исследованиях Лоренц подошел к проблеме изменения длины тела по направлению его движения. Сколько-нибудь убедительной физической интерпретации формулы Лоренца в классическом духе не было найдено, т.е. не было никаких онтологических оснований для введения таких формул в физику. Кроме

того, не было возможности согласовать полевые представления с механическими. Попытки вывести уравнения Максвелла из законов Ньютона оказались безуспешными, несмотря на то, что эти уравнения были получены на основе применения методов механики сплошных сред, опирающейся на механику Ньютона. Дело в том, что законы Максвелла не подчинялись принципу относительности Галилея и в отличие от законов Ньютона были выявлены на основе обобщения эмпирических законов электромагнетизма. С развитием электронной теории были предприняты попытки свести законы механики к законам электродинамики, и также безуспешно. Но именно попытки такого рода позволили в известной степени подойти к идеям, которые получили свое воплощение в специальной теории относительности.

В процессе согласования классической механики и электродинамики были отброшены и идеи эфира, и идеи абсолютных пространства и времени. Таким образом, выявилась несостоятельность фундаментальных физических представлений, лежащих в основе классической физики, для описания совершенно нового класса явлений. Эта несостоятельность была изначально заложена в теоретической и методологической основах классической механики, что и стало выясняться еще в процессе критики классической механики с позиций самой метафизической методологии. Критическому анализу подвергались прежде всего такие фундаментальные понятия, как сила, масса, инерция, действие и противодействие. Еще в начале XIX в. Л. Карно отмечал оккультный и метафизический характер ньютоновского понимания силы [5].

С середины XIX в. критика усилилась. Б. де Сен-Венан активно выступил против «этих проблематических сущностей или, лучше сказать, субстантивированных свойств» [6]. Принцип наглядности, так отстаиваемый Ньютоном и его последователями в качестве методологического, сослужил здесь плохую службу: понятию силы, в частности, был придан антропоморфизированный характер, который сохранился до наших дней, сила была связана с мускульными ощущениями. Анализируя такую ситуацию, Г. Герц заявил, что нам не удастся понять движения тел, обращаясь лишь к тому, что мы непосредственно ощущаем нашими органами чувств. Чтобы получить истинное знание, истинное представление о мире, мы должны «за вещами, которые мы видим, представлять себе другие, невидимые вещи и искать за пределами наших чувств скрытые действующие лица» [7].

В конечном итоге критический анализ привел к пониманию того, что все четыре фундаментальных закона Ньютона введены исключи-

тельно по определению и эмпирически непосредственно не проверяемы. Но тогда механика Галилея – Ньютона в своем завершенном виде – это гипотетико-дедуктивная система, эмпирическое обоснование которой имеет опосредованный характер, так как, повторю, прямой экспериментальной проверки осуществить невозможно. Однако кажущаяся наглядность и очевидность опытов с тележками, блоками, гирями и часами, хорошо известных нам еще со школьной скамьи, до сих пор играет с нами злую шутку, искажая реальное, объективное понимание классической механики, затрудняя восприятие теории относительности и квантовой механики, ибо и к ним мы по традиции, вследствие нашей интеллектуальной и психологической инертности, применяем этот методологический принцип – принцип наглядности, который, как можно видеть, оказался сомнительным в ньютоновской интерпретации. Такая же судьба ожидала и принципы простоты, причинности, связи состояний и др. В конце концов стало ясно, что необходим радикальный пересмотр теоретико-физических и методологических оснований физики. Решительный шаг в этом направлении был сделан А.Эйнштейном, создавшим теорию относительности и внесшим большой вклад в развитие квантовой механики.

Эйнштейн утверждал, что «теория относительности зародилась из попыток усовершенствовать, исходя из *экономии мысли* (выделено мною. – А.С.), существовавшее в начале этого столетия обоснование физики. Так называемая специальная теория относительности основывается на том факте, что уравнения Максвелла (а следовательно, и закон распространения света в пустоте) инвариантны по отношению к преобразованиям Лоренца. К этому формальному свойству уравнений Максвелла добавляется достоверное знание нами того эмпирического факта, что законы физики одинаковы во всех инерциальных системах... Содержание специальной теории относительности может быть резюмировано одним предложением: все законы природы должны быть так определены, чтобы они были ковариантными относительно преобразований Лоренца. Отсюда вытекает, что одновременность двух пространственно-удаленных событий не является инвариантным понятием, а размеры твердых тел и ход часов зависят от их состояния движения. Другим следствием является видоизменение ньютоновского закона движения в случае, когда скорость данного тела не мала по сравнению со скоростью света... Исчезла всякая возможность сохранить в основах физики дальное действие... Общая теория относительности обязана своим происхождением попытке объяснить известный еще со времен Галилея и Ньютона, но не поддающийся никакой теоретической интерпретации факт: два

совершенно отличных друг от друга свойства, инертность и тяжесть, измеряются одной и той же константой – массой. Из этого соответствия следует, что экспериментально невозможно установить, движется ли заданная система координат ускоренно или... равномерно и прямолинейно, а наблюдаемые эффекты обусловлены полем тяготения (в этом и состоит принцип эквивалентности общей теории относительности). Введение гравитации развенчало понятие об инерциальной системе... Законы природы *должны* (выделено мною. – А.С.) формулироваться так, чтобы их форма оставалась идентичной для систем координат при любом состоянии их движения» [8].

Объем и тематика предлагаемого исследования не позволит провести сколько-нибудь детальный анализ эмпирических и теоретических основ обеих теорий относительности и рассматриваемой далее квантовой механики, поскольку его целью является прежде всего анализ развития методологической системы, ее элементов, и поэтому обратимся непосредственно к методологическим основаниям данных теорий. Эта оговорка необходима потому, что в действительности крайне сложно, если вообще возможно, определить методологическую систему, в рамках которой работал тот или иной ученый, не анализируя, во-первых, источник его исследований, во-вторых, полученные им результаты. Но в данном случае можно позволить себе отвлечься от этого, так как библиография по основам общей и специальной теории относительности и квантовой механики настолько обширна, а сама проблематика настолько разработана, что можно просто отослать читателя к соответствующей литературе, здесь же по мере необходимости обращается внимание на те вопросы, которые имеют ключевое значение для данного исследования.

Какой же видел свою методологическую систему сам Эйнштейн? «... Высшим долгом физиков, – утверждал он, – является поиск тех общих элементарных законов, из которых путем чистой дедукции можно получить картину мира. К этим законам ведет не логический путь, а только основанная на проникновении в суть опыта интуиция. При такой неопределенности методики можно думать, что существует произвольное число равноценных систем теоретической физики; в принципе это мнение безусловно верно. Но история показала, что из всех мыслимых построений в данный момент только одно оказывается преобладающим. Никто... не станет отрицать, что теоретическая система практически однозначно определяется миром наблюдений, хотя никакой логический путь не ведет от наблюдений к основным принципам теории. В этом суть того, что Лейбниц удачно назвал «предустановленной гармонией»» [9].

В другом месте Эйнштейн писал, что опыт и мышление суть две неделимые составляющие человеческого мышления [10]. Опыт – начало и конец всех наших знаний о действительности, дедукция – путь разума в этом интервале познания. В то же время выведение понятий и принципов из отдельных опытов обречено на неудачу: необходим аксиоматический метод, который дает возможность менять, варьировать основы теории как некие «свободные творения человеческого ума». Этот метод позволяет создавать теории, относящиеся к одной и той же области реальности (таковы, например, механика Ньютона и механика релятивистская), но являющиеся совершенно разными [11]. Отсюда Эйнштейн считает в известном смысле оправданной «веру древних в то, что чистое мышление в состоянии постигнуть реальность» [12]. Обязательным и необходимым методологическим принципом, по мнению Эйнштейна, является принцип экономии мышления, предполагающий, требующий сведения всех понятий и соотношений к возможно меньшему числу логически независимых друг от друга основных аксиом и понятий [13].

Итак, можно, видимо, сделать вывод, что Эйнштейн, с одной стороны, продолжил методологическую линию А.Пуанкаре и Э.Маха, во всяком случае в той ее части, которая касается дедукции, экономии мышления и роли опыта в познании [14], но, с другой стороны, критически перерабатывая, переосмысливая эту методологию и отрицая позитивистские моменты [15], он определил принципы методологии близко к их диалектико-материалистическому представлению, ввел явным образом в методологическую систему новые методы и методологические принципы, такие, например, как аксиоматический, гипотетико-дедуктивный, принцип соответствия и др. «Кроме того, он сумел гармонично (но не диалектически) сочетать общефизическую методологию с методологией конкретно-научной и методологией уровня теории, где методологическими принципами выступают сами принципы теории, законы, установленные ею, и даже понятийный аппарат теории [16]. Тем самым Эйнштейн не только продолжил традиции классической физики, идущие от Аристотеля, вычленив из них то, что оказалось пригодным для новой физики, но и разработал основы новой методологической системы, полностью соответствующей этой новой физике. Мало того, ряд его методологических положений и идей значительно опередили развитие методологии начала XX в. Речь здесь идет, в частности, о взглядах Эйнштейна на научную картину мира, на альтернативность теорий (эти идеи предвосхитили анархический метод П. Фейерабенда) и др.

Однако наиболее радикальный, революционный вклад в развитие новой методологической системы для новой физики был внесен в процессе становления и развития квантовой механики. Именно она разрушила старые представления о материи и движении, взаимодействии; причинности и закономерности и создала новые. Если в основе классической физики лежат корпускулярные представления, в основе электродинамики и теорий относительности – волновые, полевые, то в основе квантовой механики – корпускулярно-волновые. Пришлось отказаться от лапласовского детерминизма и лапласовского методологического идеала научного познания, от привычного понимания взаимодействия. Мир предстал как квантово-полевая система, в которой объективны не только необходимые, но и «случайные» события. Ясно, что такие радикальные изменения оснований теоретических не могли не привести одновременной к не менее радикальному изменению оснований методологических, всей методологической системы.

В ходе развития новой методологической системы, связанной с квантовой механикой, выявилась необходимость включения в нее также той системы, которая была сформирована в процессе развития теорий относительности. Но на первых этапах две эти системы развивались в известном смысле независимо. Пересечение их произошло при становлении релятивистской квантовой механики и квантовой электродинамики. В результате была создана методологическая система, господствующая в современной физике до сих пор. Но вернемся к методологическим основаниям квантовой механики.

Как известно, квантовая механика возникла в связи с невозможностью в рамках классических представлений объяснить экспериментально наблюдаемое распределение энергии в непрерывном спектре излучения абсолютно черного тела. Для объяснения такой ситуации и ее описания физики вынуждены были ввести понятие элементарных частей энергии – квантов, которое позволяло описывать взаимодействие между веществом и излучением. Решающая роль в развитии этой идеи принадлежит снова Эйнштейну: в 1905 г. в статье «Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света» [17] он высказал предположение, которое по своей значимости превосходит идеи, сформулированные в известной работе М.Планка 1900 г.

В статье «О поправке к спектральному уравнению Вина» Планк в отличие от предшественников «строил» формулу излучения не из теории Максвелла, что никак не удавалось сделать, а на основе анализа опытных данных, «подгоняя» под них формулу таким образом, чтобы

она описывала как коротковолновое излучение (формула Вина), так и длинноволновое (формула Рэлея). Планку удалось получить такую эмпирическую формулу, и вскоре он попытался дать ей теоретическое истолкование в статье «Теория закона распределения энергии нормального спектра». В этой в целом удачной формуле были две постоянные, первая из которых не вызывала никаких трудностей. Относительно же второй, которую Планк назвал элементарным квантом действия, ученый писал, что это «либо фиктивная величина, и тогда весь вывод закона излучения был в принципе ложным и представлял собой всего лишь пустую игру в формулы, лишенную смысла, либо же вывод закона излучения опирается на некую физическую реальность, и тогда квант действия должен приобрести фундаментальное значение в физике и означает собой нечто совершенно новое и неслыханное, что должно произвести переворот в нашем физическом мышлении, основывающемся со времен Лейбница и Ньютона, открывших дифференциальное исчисление, на гипотезе непрерывности всех причинных отношений» [18].

Фактически здесь речь идет о том, чтобы отбросить классическую электродинамику и заменить ее новой теорией. Для спасения уравнений Максвелла Планк предположил, что испускание и поглощение излучения дискретны, а само излучение непрерывно. Эйнштейн же предложил порвать с классической волновой оптикой и признать за квантами энергии особую индивидуальность, не отрицая, однако, что волновая теория света, оперирующая с непрерывными функциями точки, прекрасно «работает» при описании чисто оптических явлений. Но группа явлений, связанных с возникновением и превращением света, лучше объясняется предположением, что энергия света распространяется не непрерывно, как трактовалось волновой теорией и чего придерживался и Планк, а дискретно. Тогда «энергия пучка света, вышедшего из некоторой точки, не распространяется непрерывно во все возрастающем объеме, а складывается из конечного числа локализованных в пространстве неделимых квантов энергии, поглощаемых или возникающих только целиком» [19].

В процессе анализа квантовых явлений Эйнштейн обосновывал тезис, имеющий фундаментальное значение для квантовой механики: «...Нельзя считать несовместимыми обе структуры (волновая и квантовая), которыми одновременно должно обладать излучение в соответствии с формулой Планка» [20]. Этим самым он фактически подошел к идее квантово-волнового дуализма, синтезирующего противоположности в единое целое как некую физическую реальность. Но окончательно этот дуализм стал понятен гораздо позднее, а пока шли поиски вариантов

согласования классических представлений об излучении с новыми взглядами на него.

Возможность такого согласования виделась прежде всего в том, что формулы излучения Планка и результаты, полученные Эйнштейном, носили феноменологический характер, были связаны с описанием опыта, обобщением эмпирических данных. Физическое же истолкование формализма представлялось тогда возможным и на базе классической методологии, точнее, на базе сложившихся методологических принципов классической физики. Это видно хотя бы из того, что Эйнштейн постулировал существование световых квантов, проведя аналогию между излучением, описываемым законом Вина, и поведением классического идеального газа, состоящего из материальных частиц. На основе такой аналогии он сделал вывод, что «монохроматическое излучение малой плотности (в пределах области применимости закона излучения Вина) в смысле теории теплоты ведет себя так, как будто оно состоит из независимых друг от друга квантов энергии» [21]. Этот вывод – соединение классических представлений с результатами экспериментов, не описываемых в рамках классической физики. Исследования Планка также основывались на классической механике Ньютона и электродинамике Максвелла. Эйнштейн, анализируя выведение закона Планка и сравнивая его со своими результатами, заключил, что «в основе теории Планка лежит следующее утверждение. Энергия элементарного резонатора может принимать только целочисленное значение» [22]. Но это противоречит теории Максвелла, и Планк вводит в физику новый гипотетический элемент – гипотезу световых квантов, которая полностью подтверждается опытом [23].

Однако в 1951 г. Эйнштейн написал: «После 50 лет раздумий я так и не смог приблизиться к ответу на вопрос, что же такое световой квант» [24]. Для него квантовая физика все время находилась в кризисе, так как не могла быть согласована с методологическими требованиями классической механики, классической физики в целом, и прежде всего такими, как принцип полноты описания, принцип простоты, принцип причинности в их классической интерпретации, от которых он не мог отказаться. Первыми это препятствие преодолели основоположники квантовой физики – Н. Бор, В. Гейзенберг и Л. де Бройль, но и те сделали это далеко не в полном объеме, который мог быть сравним с классической методологической системой. Наибольшие трудности здесь вызывали проблемы причинности, полноты описания, дополнительности, ибо именно они прежде всего требовали неклассической интерпретации, в то время как методологические взгляды названных ученых формировались классичес-

кой методологией. Но ведь известно, как трудно, а порой и невозможно согласовать новое со старым, в случае же необходимости – отказаться от того, что составляет сущностную сторону миропонимания, даже если оно явно противоречит реальности! Эйнштейн, например, так и не принял неклассической методологии, особенно в части причинности и полноты описания, хотя сделал решающий вклад в разработку квантовой физики.

Наиболее полно содержательная часть новой методологии в контексте квантовой теории была рассмотрена Бором. В 1928 г. он писал: «Квантовая теория характеризуется признанием принципиальной ограниченности классических физических представлений в применении к атомным явлениям. Создававшаяся таким образом ситуация очень своеобразна, поскольку наша интерпретация эмпирического материала в существенном покоится именно на применении классических понятий» [25]. В то же время «каждому атомному процессу свойственна существенная прерывность или, скорее, индивидуальность, совершенно чуждая классической теории и выраженная планковским квантом действия. Этот постулат включает в себе *отказ* (выделено мною. – А.С.) от причинного пространственно-временного описания атомных процессов» [26]. По мнению Бора, в рамках классических представлений явление наблюдается без оказания на него какого-либо влияния. «Это ясно проявляется, – пишет он, – например, в теории относительности, оказавшейся столь плодотворной для разъяснения классических теорий» [27]. (Замечу, кстати, что именно по этой причине в данной статье не рассматривается методологическая система, соответствующая теории относительности: она не меняет принципиальным образом классическую методологию.) Но в квантовой теории ситуация прямо противоположная, так как всякое наблюдение явлений на атомарном уровне предполагает их взаимодействие со средствами наблюдения, которым нельзя пренебречь.

Как полагает Бор, «понятие наблюдения, вообще говоря, включает в себе некоторый произвол, так как оно зависит от того, какие объекты включаются в систему, подлежащую наблюдению. В конце концов всякое наблюдение может быть, конечно, сведено к нашим ощущениям. Но поскольку при интерпретации наблюдений мы должны всегда использовать теоретические представления, в каждом конкретном случае является вопросом удобства тот пункт, где следует вводить понятие наблюдения вместе с квантовым постулатом с присущей последнему иррациональностью» [28]. При такой ситуации понятия пространства и времени теряют свой непосредственный смысл, однозначное описание состояния системы становится невозможным и не может быть даже речи о классической

причинности. Тогда в соответствии с квантовой теорией «мы должны считать пространственно-временное представление и требование причинности, соединение которых характеризует классические теории, как дополнительные, но исключают одна другую черты описания содержания опыта» [29]. Следовательно, перед нами встает задача разработки «теории дополнительности», об отсутствии противоречий в которой можно судить, только взвешивая возможности определений и наблюдений [30]. Такая теория дополнительности, а точнее, принцип дополнительности, и позволяет разрешать проблему соотношения пространственно-временного описания и причинности, так как они находят взаимно дополняющее выражение. Принцип неопределенностей Гейзенберга подтвердил эту идею, которая стала методологическим принципом новой физики, работающим не только в квантовой механике, но и – при известных обстоятельствах – в теории относительности в применении ее к атомным явлениям.

Другой принцип, который Бор выдвигает и обсуждает в качестве методологического, – принцип соответствия, требующий установления связи между классическими представлениями и неклассическими теориями и рассмотрением последних как рационального объяснения и обобщения первых [31]. Иными словами, неклассическая теория при предельном переходе становится классической.

Таким образом, в соответствии с методологической системой Бора не имеет смысла говорить одновременно о локализации квантовой частицы и ее волновых свойствах. Эти два аспекта реальности носят взаимодополнительный характер, и никакие эксперименты не помогут обнаружить одновременное проявление указанных двух свойств. Методология Бора позволила существенно развить квантовую теорию, но она не позволила раскрыть физическое содержание такой дополнительности в плане ее онтологического обоснования и поставила проблему так называемых «скрытых параметров», которую, несмотря на все исследования и уверения в ее окончательном решении, до сих пор, на наш взгляд, не удалось решить в действительно полном объеме. И сегодня появляются все новые варианты истолкования этой проблемы. Отсюда квантовую механику можно определить как феноменологическую теорию.

Такой характер квантовой механики во многом способствовал расцвету позитивизма и его методологической системы, совпадающей в своих основных положениях с идеями Э. Маха и В. Оствальда. Согласно этим идеям, физика должна отказаться от моделей и объяснений. Этот тезис относится и к теории относительности, и к квантовой механике как

основным физическим теориям. Неизбежным следствием такого подхода к физике явилось утверждение, что физика может в лучшем случае определить, какова вероятность нахождения в определенном момент времени в некотором объеме пространства (причем это пространство может и не совпадать с реальным физическим пространством) того, что мы называем частицей.

Большинство классиков квантовой физики отстаивали данное методологическое положение весьма последовательно. Так, Гейзенберг писал: «Когда нужна лишь относительно малая точность, то, конечно, можно говорить и о положении, и о скорости электрона, причем эта допустимая точность с точки зрения критериев нашей повседневной жизни необычайно высока. Но если мы примем во внимание чрезвычайно малые размеры атомов, то эта точность оказывается небольшой, и присущий этому миру малому закон природы не позволяет нам знать и положение, и скорость частицы с любой точностью, которой нам хотелось бы. Хотя и можно поставить опыты, позволяющие установить с большой точностью место частицы, но, чтобы провести это измерение, мы вынуждены подвергнуть частицу сильному внешнему воздействию, из-за чего возникает большая неопределенность ее скорости. Таким образом, природа избегает точной фиксации этих наших интуитивных определений вследствие неизбежных возмущений, связанных с любым наблюдением. Если первоначальной целью каждого научного исследования было описать природу по возможности такой, как она есть сама по себе, т.е. без нашего вмешательства и без нашего наблюдения, то теперь мы понимаем, что эта цель как раз и недостижима. В атомной физике невозможно уйти от изменений, которые всякое наблюдение вызывают в наблюдаемом объекте» [32].

Отрицание возможности познания мира как такового, без последствий вмешательства в него, неустранимых в теории, имело первостепенное методологическое значение в неклассическом научном познании, и именно здесь скрывается непреодолимое противоречие между классической методологической системой и неклассической. Пожалуй, большинство современных физиков до сих пор считают, что тезис о познаваемости мира как такового, не зависящего от наблюдателя, не имеет физического смысла. Это мнение в известной степени находит свое выражение и в дискуссии об антропном принципе, о котором речь идет дальше. Естественно, такая ситуация не могла устраивать физиков первой половины XX в., и поиски вариантов преодоления противоречий между двумя методологическими системами, противоречий, вызванных

подтверждаемым экспериментальными исследованиями содержанием физических теорий, продолжались длительное время, да и сейчас они еще не закончены.

Против отрицания возможности познания мира за пределами наших ощущений, предполагающей, что целью физики является всего лишь рациональное координирование человеческого опыта, выступали и Эйнштейн, и Планк. Так, последний писал (а затем многократно повторял другими словами): «Основой и первым условием любой действительно плодотворной науки является метафизическая гипотеза, недоказуемая, конечно, с чисто логической точки зрения, но которую логика тем не менее никогда не сможет опровергнуть, гипотеза о существовании внешнего мира, мира в себе, совершенно не зависящего от нас, хотя мы и не можем получить о нем непосредственного знания, не прибегая к нашим органам чувств. Это похоже на то, как если бы мы могли наблюдать некий предмет только через очки, цвет которых у каждого наблюдателя был бы несколько иным. Конечно, нам не пришло бы в голову объяснять устройством наших очков все свойства воспринимаемого предмета, хотя при составлении суждения об этом предмете мы и заботились бы о том, чтобы установить, до какой степени тот цвет, в каком он нам представляется, зависит от наших очков. Точно так же научная мысль стремится прежде всего к тому, чтобы было осознано и установлено различие между внешним миром и миром внутренним. Конкретные науки никогда не заботились о том, чтобы оправдать этот трансцендентальный скачок, и поступали совершенно правильно. Если бы они поступали иначе, они никогда не добились бы таких быстрых успехов. К тому же, самое главное, никогда не следовало и никогда не следует опасаться опровержений, ибо подобные вопросы не могут решаться путем рассуждений» [33].

Но выбранный Планком вариант защиты науки о реальности самой по себе – далеко не лучший. По той простой причине, что если подобные вопросы нельзя решить путем рассуждений, а значит, и любым другим путем, то о них, стало быть, и говорить не следует, а следует согласиться с индетерминистами, что физический процесс неотделим от приборов и от органов чувств. Ну, а отсюда выходит, что мир вне наших ощущений не существует.

Не более удачна и позиция Лоренца. «Представление, которое я хочу составить себе о явлениях, – писал он, – должно быть абсолютно четким и определенным, и мне кажется, что мы не можем составить себе такого представления иначе, как в пространственно-временной системе. Для меня электрон – это частица, которая в данный момент находится

в определенной точке пространства. И если этот электрон встречается с атомом, проникает в него и после многих перипетий его покидает, я создаю себе теорию, в которой этот электрон сохраняет свою индивидуальность, т. е. я представляю себе некоторую линию, по которой этот электрон прошел через атом» [34]. Позднее Эйнштейн, фактически подерживая Лоренца, изложил свою точку зрения более развернуто, и трудно удержаться от искушения привести здесь длинную цитату, наиболее полно, пожалуй, выражающую его точку зрения на эту важнейшую методологическую проблему неклассической физики. Итак, Эйнштейн в своей статье, написанной в 1949 г., категорически утверждает:

«Вместе с тем у читателя не должно быть никаких сомнений относительно того, что я полностью признаю тот весьма значительный прогресс, который был достигнут теоретической физикой с помощью статистической квантовой теории. В области *механических* процессов, т.е. всюду, где взаимодействие различных структур и их частей можно с достаточной точностью рассматривать, постулируя существование потенциальной энергии взаимодействия между материальными точками, статистическая квантовая теория и поныне представляет собой замкнутую систему, правильно описывающую эмпирические соотношения между наблюдаемыми величинами и позволяющую теоретически предсказывать их значения. До сих пор эта теория является единственной теорией, логически удовлетворительно объясняющей дуальные (корпускулярные и волновые) свойства материи. Те (проверяемые) соотношения, которые содержатся в этой теории, являются *полными* в естественных пределах, определяемых соотношением неопределенностей. Формальные соотношения, содержащиеся в статистической квантовой теории, т.е. весь ее математический формализм, по-видимому, должны будут в будущем войти в форму логических выводов в любую разумную теорию.

Принципиально неудовлетворительным в этой теории, на мой взгляд, является ее отношение к тому, что я считаю высшей целью всей физики: полному описанию реального состояния произвольной системы (существующего, по предположению, независимо от акта наблюдения или существования наблюдателя). Если бы это рассуждение услышал склонный к позитивизму современный физик, оно вызвало бы у него улыбку сожаления. Он бы сказал себе: “Здесь мы имеем дело с формулировкой в чистом виде некоего метафизического предрассудка, лишеного всякого содержания, преодоление которого было главным философским достижением физиков за последние четверть века. Воспринимал ли кто-нибудь “реальное состояние какой-нибудь физической системы”?»

Может ли вообще кто-нибудь утверждать, что он знает, что следует понимать под «реальным состоянием физической системы»? Как может разумный человек в наше время еще верить в то, что ему удастся опровергнуть наиболее существенную часть нашего знания с помощью такого “бесплотного духа”? Терпение! Я отнюдь не считаю, что приведенная выше лаконическая формулировка может кого-нибудь убедить. Она должна была лишь указать ту точку зрения, вокруг которой будут свободно группироваться излагаемые ниже элементарные соображения» [35].

Л. де Бройль, а вслед за ним и Д. Бом пытались предложить такую интерпретацию квантовой механики, которая бы снимала все эти противоречия в пользу сохранения классической физической реальности, но в пользу ее принципиально вероятностного истолкования. К сожалению, такие попытки в полной мере тоже не дали ожидаемых результатов, и особенно это относится к проблеме интерпретации волновой функции. Между тем от того, как она будет объяснена, зависит наполнение квантовой физики физическим содержанием в смысле онтологии, а отсюда и соответствующая интерпретация методологической системы. В ходе обсуждений этой проблемы отход от классической методологии окончательно закрепился, но закрепился в пользу методологии позитивистской, которая была подвергнута убедительной критике во второй половине XX в. в процессе развития новейших физических теорий, и прежде всего таких, как теории единого поля, теория элементарных частиц, космология и др.

Существовала, конечно, возможность построить методологическую систему на основе диалектико-материалистической философии, тем более что элементы такого подхода присутствуют и у Эйнштейна, и у Бора, и у многих других исследователей. Но ряд объективных условий и субъективных факторов не могли «допустить» подобного направления в развитии методологической системы неклассического периода. К тому же все попытки в данном направлении, которые предпринимались в марксистской методологической литературе, во многом осуществлялись негодными средствами и носили скорее идеологический, чем методологический характер. В итоге не удалось решить достаточно строго и полно ни одну из методологических проблем, поставленных развитием неклассической физики. Были получены, однако, весьма фундаментальные результаты, позволяющие сделать вывод, что неклассическая методологическая система не может принять достаточно замкнутый и строгий вид, на наш взгляд, именно из-за феноменологического характера неклассической физики. Современное же развитие физики дает возможность посмотреть на все эти проблемы более оптимистично. На базе анализа тех

методологических принципов, которые четко определились в неклассический период развития физики, можно, видимо, построить предварительную методологическую систему как основу для анализа методологической ситуации в современной физике, предполагающей такое кардинальное изменение в методологии физики, которого не было за всю ее историю. Рассмотрение этих вопросов и будет содержанием нашего дальнейшего исследования.

Примечания

1. См.: *Льоцци М.* История физики. – М., 1970. – С. 283.
2. Цит. по: *Льоцци М.* История физики. – С. 283–284.
3. *Фарадей М.* Избранные работы по электричеству. – М, 1939. – С. 211.
4. Там же. – С. 213.
5. См.: *Льоцци М.* История физики. – С. 316.
6. Цит. по: *Льоцци М.* История физики. – С. 316–317.
7. Там же. – С. 317.
8. *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4-х т. Т. IV. – М., 1967. – С. 233–234.
9. Там же. – С. 40–41.
10. Там же. – С. 182.
11. Там же. – С. 183–186.
12. Там же. С. 184.
13. Там же С 229
14. См.: *Мах Э.* Принципы сравнения в физике. – СПб., 1909. – С. 185 и др.; *Пуанкаре А.* О науке. – М., 1983. – С. 91, 99, 109 и др.
15. Несомненное влияние на развитие науки позитивизма как первой философской системы, претендующей на унифицированную философию науки, предполагается рассмотреть в следующей статье.
16. См., например, высказывания А. Эйнштейна об инвариантности относительно преобразований Лоренца.
17. См.: *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4-х т. Т. III. – М., 1966.
18. Цит. по: *Льоцци М.* История физики. – С. 338.
19. *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4-х т. Т. III. – С. 93.
20. Там же. – С. 194.
21. Там же. – С. 102.
22. Там же. – С. 131.
23. Там же.
24. Цит. по: *Пайс А.* Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. – М., 1989. – С. 367.
25. *Бор Н.* Избр. науч. тр.: В 2-х т. Т. II. – М., 1971. – С. 30.
26. Там же.
27. Там же. – С. 31.
28. Там же.
29. Там же.
30. Там же. – С. 32.

31. Там же. – С. 40–43.
32. Цит. по: *Льоцци М.* История физики. – С. 411–412.
33. Там же. – С. 412–413.
34. Там же. – С. 417–418.
35. *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: В 4-х т. Т. IV. – С. 295–296.

Дата поступления 19 января 2013 г.

Институт философии и права
СО РАН, г. Новосибирск
simanov@philosophy.nsc.ru

***Simanov, A.L.* The subject and the structure of philosophy of science in the context of its development. Part I: Classical period**

The paper considers the evolution of ideas of philosophy of science with a regard for the development of concrete sciences. The research is aimed at trying to answer the question if it is possible to create a single unified philosophy of science.

Keywords: philosophy, science, theory, problem, system, unification