

ные и актуальные проблемы реконструкции квантовой реальности. Квантовая теория с ее гносеологическими уроками служит основанием для утверждений о становлении нового, неклассического типа научной рациональности. Именно на квантовую механику ссылаются тогда, когда говорят о том, что необходимо отказаться от стандартов и идеалов классической рациональности, когда, в частности, утверждают, что идеал объективности знания в современной науке перестал играть свою центральную роль.

Есть и еще один круг проблем, тесно связанный с дискуссиями по поводу изменения типа рациональности, где апелляция различных сторон к квантовой механике играет немаловажную роль. Диалогический характер современного мышления, плюрализм мнений, который, как полагают многие представители современной культуры, не является чем-то временным и преодолимым, а является чем-то принципиальным и неустраняемым. Такой плюрализм многие исследователи считают одним из важнейших уроков, преподнесенных квантовой механикой человеческому мышлению [Аршинов, 1992].

Некоторые весьма смутные аргументы, почерпнутые именно из квантовой теории, имеют в виду, по-видимому, и те гуманитарии, которые, упрекая классическое естествознание в равнодушии к человеку и бездуховности, с надеждой говорят о якобы идущих в современном научном познании процессах гуманизации знания, настаивают на присущем современной науке человеческом измерении.

Что во всем этом на самом деле соответствует действительности, а что является только мифом? Как отделить здесь зерна от плевел? Очевидно, что задача эта совсем не простая.

Но что можно сказать с определенностью, так это то, что ответы на вопросы о том, какие именно изменения претерпевает научная рациональность в XX веке, что происходит при этом с идеалом объективности научного знания, на самом ли деле наука освобождается от своей беспристрастности и «приобретает человеческое лицо», невозможны без тщательного, скрупулезного анализа той реальной познавательной ситуации, которая существует в рассматриваемой нами области физического знания.

В настоящее же время, в полном соответствии с известным в постмодернизме принципом Фидлера – «Пересекайте границы, засыпайте рвы» – происходит наступление не только на идеалы и нормы классической науки, но, можно сказать, и на науку вообще. Ситуацию, которая складывается к настоящему времени (если судить по анализу последней литературы), можно было бы характеризовать словами Артура Файна из его книги «The Shaky Game»: «Любой абсурд имеет теперь своего защитника» [Fine, 1988, p. 1]. В связи с этим нам представляется как нельзя более актуаль-

ным обращением к последним дискуссиям вокруг квантовой механики, и в первую очередь к проблеме квантовой реальности. Именно вокруг нее было сломано столько копий по поводу интерпретации квантовой механики, в том числе и в нашей стране. Известны дискуссии по этому поводу между А.Эйнштейном, Н.Бором, В.Гейзенбергом, Э.Шредингером; в нашей стране в них приняли живейшее участие – К.В.Никольский, В.А.Фок, Д.И.Блохинцев, Л.И.Мандельштам, С.И.Вавилов, М.А.Марков, М.Э.Омельяновский, А.А.Тяпкин и др.; [см., напр., обзор: Философские проблемы квантовой физики, 1992].

Одна из самых первых интерпретаций квантовой теории – копенгагенская, в смысле описания квантовой реальности была скорее запретительной. Подробнее мы остановимся на ней чуть позже, сейчас же отметим лишь следующее. Копенгагенская интерпретация фактически запрещает говорить о какой-либо квантовой реальности. «Нет никакой квантовой реальности, а существует лишь абстрактное квантовомеханическое описание» [цит. по: Herbert, 1987, S. 33] – так можно было бы вкратце ее выразить. Бор, родоначальник копенгагенской трактовки, подчеркивал, что мы должны быть прагматиками при интерпретации квантовых феноменов. У нас есть лишь возможность говорить о результатах эксперимента, измерения (и, причем, только на классическом языке). Квантовые явления возникают лишь при наблюдении, до этого они «не существуют».

У истоков копенгагенской трактовки на ранних этапах ее разработки стоял и Вернер Гейзенберг, который в то время разделял ее основные положения. Однако позднее точка зрения Гейзенберга значительно изменилась, и можно уверенно говорить о его собственной интерпретации квантовой механики. Гейзенберг фактически был единственным теоретиком из копенгагенской школы, пытавшимся понять, что же все-таки стоит за квантовым явлением, *что оно есть в своей сущности*. Его рассуждения приводили к утверждению о необходимости построения новой квантовой онтологии.

Гейзенберг справедливо утверждает, что в квантовой механике мы сталкиваемся не просто лишь с удобным формализмом, неким правилом, адекватно описывающим, вообще говоря, неизвестную нам ситуацию, а с формализмом, действительно отображающим реальное положение дел: «...модифицированная логика квантовой теории неизбежно влечет за собой модификацию онтологии» [Гейзенберг, 1987, с. 222].

О неразрывности онтологических представлений с физической теорией, реконструирующей реальность, утверждает и современный философ науки Цао, который останавливается на этом вопросе в целом ряде своих работ. «...Онтология является неустранимым концептуальным эле-

ментом в логической реконструкции реальности. Так как онтология дает картину мира, она дает основание, на которой может базироваться теория. Это помогает объяснить ее конститутивную роль в теоретической структуре науки...» [Сао, 1997, p.10].

При этом «базисная онтология теории рассматривается как несводимый концептуальный элемент в логической реконструкции реальности в рамках этой теории. В противовес видимости или эпифеноменам, а также в отличие от просто эвристических или конвенциональных средств теории базисная онтология касается реального существования... В качестве репрезентации глубокой реальности онтология теории обладает большой объясняющей силой: все явления и феномены, описываемые теорией, могут быть выведены из нее как результат ее поведения» [Сао, 1999, p.10].

Проблема квантово-механической реальности, которой и будет посвящена настоящая работа, до сих пор является остро дискуссионной. С самого начала хотелось бы подчеркнуть следующее – то, что в методологической литературе формулируется как проблема квантово-механической реальности на самом деле представляет собой две как бы «склеенные» между собой, но, по сути дела, хотя и тесно связанные, но различные проблемы. Одна из них – это проблема взаимоотношения объекта и субъекта, материи и сознания (то, что, чаще всего, и имеется в виду, когда говорят о проблеме реальности в микромире и проблеме объективности описания); другая – стоящая за ней проблема квантовой онтологии. В методологическом сознании эти две проблемы фигурируют как нечто нераздельное. Но если за этой целостностью не увидеть внутренней дифференцированности, решить проблему описания квантово-механической реальности невозможно.

Обычно при обсуждении эпистемологических оснований проблемы квантовой реальности апеллируют к недостаткам декартовской гносеологии, с ее разделением, разграничением субъекта и объекта познания. Предполагается, что в квантовой механике, в отличие от классики, декартовский принцип разделения субъекта и объекта познавательной деятельности перестает быть справедливым. Из творцов квантовой теории на этом настаивал В.Гейзенберг. «Именно эту разделенность и должны мы в соответствии с современной физикой подвергнуть критике», – утверждал он [Heisenberg, 1987, S. 64]. Такая точка зрения очень распространена и в нашей методологической литературе. Ее сторонники ссылаются на то, что квантово-механическая реальность создается только в процессе измерения, в процессе взаимодействия измерительного прибора и квантового объекта. И одни из них вообще отказываются говорить о существовании какой-либо реальности за квантово-механическими феноменами (см., упомянутую выше, копенгагенскую трактовку), другие говорят о творении объективной реальности наблюдателем и об особой роли

его сознания в этом процессе. Как известно, одной из плодотворных попыток выйти из затруднительной ситуации в интерпретации квантовой теории явилось появление принципа дополненности Бора.

Как мы попытаемся показать в нашей работе, хотя проблема объективности, субъект-объектных отношений и является серьезной трудностью в решении задачи теоретической реконструкции закономерностей микромира (она все еще фактически не решена, и дискуссии вокруг нее продолжаются), тем не менее, она не выводит гносеологию за рамки декартовской эпистемологии. Декартовский принцип разделения субъекта и объекта оказывается справедливым и здесь.

Мы будем стремиться обосновать положение, согласно которому то, что на самом деле меняется при переходе к квантовым принципам описания и реконструкции реальности (и это действительно ведет к решительному разрыву с философскими воззрениями французского философа) является квантовая онтология. Радикально меняются онтологические представления, т.е. представления о способе существования объектов. В противовес декартовской идее *субстанциальности*, конститутивным моментом которой является понятие *независимости от другого*, «ненуждаемости» в нем (Хайдеггер) (Декарт определял субстанцию как вещь, которая существует, не нуждаясь для своего бытия в другой вещи), квантовая механика вынуждает обращаться к онтологическим воззрениям, которые во многом противоположны декартовским представлениям. Одним из наиболее адекватных языков оказывается здесь язык аристотелевской метафизики, а именно его концепция «бытия в возможности».

Чтобы решить поставленную задачу, в первой главе работы будут вычленены основные особенности квантово-механической реконструкции реальности, выявлены те точки, в которых они вступают в противоречие с классическим способом описания физических явлений.

Будет показано, что ни одна из этих особенностей в отдельности, ни все вместе они не ведут к необходимости отказа от декартовского принципа разделенности субъекта и объекта познания. Вместе с тем, мы стараемся показать, что эти особенности приводят к такой модификации онтологических представлений, которая может быть истолкована как решительный разрыв между классической и неклассической физикой. Наш основной тезис, который мы и собираемся обосновывать в работе, заключается в том, что этот разрыв состоит не в отказе от декартовского субъекта и объекта познания¹, а в отказе от другого аспекта онтологических представлений – декартовской идеи субстанциальности.

¹ На наш взгляд, более правильным было бы утверждение, что проблема взаимоотношения субъекта и объекта вообще находится «по ту сторону» проблем квантовой механики. Квантовая механика решает просто совсем иные проблемы (см. ниже).

Квантовая механика утверждает новую онтологию, и раскрываемые в работе особенности квантовомеханического описания явлений микромира как раз и выступают характерными чертами этой онтологии.

Как уже отмечалось, одна из таких характерных черт заставляет при теоретической реконструкции квантовой реальности вернуться к аристотелевской идее «бытия в возможности». Другие особенности заставляют вспомнить о некоторых современных нам философских концепциях и представлениях, таких как идея «синергии» П.Флоренского и концепция бытия М.Хайдеггера. В этой связи в третьей главе мы попытаемся раскрыть философские и теоретические основания квантово-механической онтологии и показать, в чем их отличие от онтологических представлений классической физики. В связи с этим мы собираемся подробно проанализировать декартовское истолкование *субстанции* и *субстанциальности* и аристотелевское понимание бытия и выявить различия между ними. В этой же главе будут сформулированы основные онтологические допущения, которые, как нам представляется, могут служить наиболее адекватной основой для теоретической реконструкции квантово-механической реальности.

В главе четвертой мы попытаемся показать, что предложенные онтологические представления дают в принципе возможность разрешить некоторые трудности и парадоксы квантовой теории, с которыми «не справляются» другие интерпретации.

В пятой главе мы попытаемся уточнить предложенную онтологическую схему и показать, что она приводит к полионтичной картине сущего, требующей нового «глагольного», логосного типа дискурса, где время играет выделенную роль.

ГЛАВА I. ОСОБЕННОСТИ КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ РЕАЛЬНОСТИ

Для того чтобы ввести систему понятий, позволяющих построить квантотеоретическую онтологию, необходимо, как уже указывалось выше, выделить основные аспекты квантово-механического описания реальности. В связи с этим в настоящей главе мы рассмотрим основные аспекты квантовой механики, те ее основные черты, которые резко отличают ее от классических представлений. Предварительно мы выделяем их четыре, тесно связанных друг с другом:

- 1) особенности, порождаемые квантово-механическим принципом суперпозиции состояний и вероятностным способом описания явлений;
- 2) зависимость микрофизического явления от условий его наблюдения, «зависимость от иного»;
- 3) целостность, несепарабельность (нелокальность) квантового явления;
- 4) динамический, существенно «событийный, процессуальный» характер протекания квантовых явлений.

Сюда мы не включаем такие, часто обсуждаемые специфические черты квантовой теории, как индетерминизм, ненаблюдаемость и др., так как все они вытекают из уже отмеченных выше принципов.

Замечательным образом новую, квантотеоретическую онтологию можно было бы строить, отталкиваясь от любого из перечисленных аспектов. Однако, забегая несколько вперед, отметим, что нам будет удобно исходить из второго принципа, «зависимости от иного», так как он формальным образом как раз и приводит к понятию противоположному идее субстанциальности – понятию *dynamis*, бытию в возможности, на необходимость использования которого указывал еще В.Гейзенберг [см. напр., Гейзенберг, 1987, с. 223].

Рассмотрим указанные особенности квантово-механического описания реальности в том порядке, в котором они перечислены. Следует отметить, что выделенные аспекты хорошо известны и ранее рассматривались другими авторами. В связи с этим мы не будем очень подробно на них останавливаться, и очертим их лишь вкратце.

В качестве первого момента укажем на понятие вероятности и принцип суперпозиции состояний. Эти два аспекта мы рассматриваем в единстве, т.к. они тесным образом связаны с **категорией возможности**.

§ 1. Понятия вероятности и суперпозиции состояний

Первой фундаментальной физической теорией, охватывающей громадный круг явлений, была классическая механика, построение которой было завершено во второй половине XVIII века. Фундаментальность, всеобщность этой теории и в то же время простота принципов, лежащих в ее основе, производили на современников такое впечатление, что Ньютона называли новым Моисеем, начертавшим на скрижалях новые законы – законы природы.

Одним из основополагающих принципов классической механики являлась концепция механической причинности, отлившейся впоследствии с неизбежностью в формы лапласовского детерминизма: «Ум, которому были бы известны для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался бы достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движения величайших тел вселенной наравне с движениями атомов: не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверным, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором» [Лаплас, 1908, с. 9].

Не только как научная концепция, но и как философская, идея причинности относится к числу наиболее фундаментальных представлений человеческого интеллекта. Видимо, нельзя считать полностью случайным, что от основателя атомизма Левкиппа до нас дошла всего одна фраза: «Все происходит на каком-то основании и в силу необходимости».

Идея причинности и детерминизма были доминирующими вплоть до начала XX века, но еще в эпоху ее безраздельного господства в физике стали зарождаться и другие идеи. «Решительный шаг вперед был сделан в 1859 г. Максвеллом, который впервые ввел в физику понятие вероятности, выработанное ранее математиками при анализе азартных игр. В дальнейшем это понятие стало основным для любого статистического закона» [Мякишев, 1973, с. 35].

Первоначально основание введения вероятностных методов в физику видели лишь в неполноте наших знаний. Предполагалось, что там, где исследуемые процессы сложны, и мы не в состоянии проследить связь всех причин или же их просто не знаем, там мы и обращаемся к помощи вероятностных методов. Понятие детерминизма оставалось фундаментальным. Гольбах писал, например: «Ничто в природе не может произойти случайно; все следует определенным законам; эти законы являются лишь необходимой связью определенных следствий с их причинами... Говорить о случайном сцеплении атомов, либо приписывать некоторые следствия случайности – значит, говорить о неведении законов, по которым тела действуют, встречаются, соединяются либо разъединяются» [Гольбах, 1963, с. 649]. В вероятностных методах описания виделся ранее временный, неполноценный и второстепенный характер.

Явная недостаточность такого подхода стала выявляться уже в связи с работами Больцмана в области кинетической теории. Однако поворотным пунктом на пути введения понятия вероятности и связанного с ним понятия возможности «в недра» физики стало, конечно же, создание в 20-х годах квантовой механики. Именно она совершенно по-новому поставила ряд методологических проблем познания, и среди них – вопрос о природе вероятностных методов, о природе «возможного».

Решающим моментом здесь оказались соотношения неопределенностей В.Гейзенберга и вероятностная трактовка волновой функции, предложенная М.Борном.

Если принцип неопределенности указывал на необходимость отказа от классических понятий пути движения, траектории и отказа от механического детерминизма, то борновская интерпретация волновой функции вводила понятие вероятности и возможности в саму ткань физической теории.

Как хорошо известно, основным уравнением нерелятивистской квантовой теории является уравнение Шредингера для волновой функции $\psi(r, t)$. Оно позволяет в принципе однозначно определить волновую функцию в любой момент времени, если известно ее значение в начальный момент. Однако какой физический смысл имеет сама волновая функция? Ответ в 1928 году был дан М.Борном. Опираясь на ранние работы Эйнштейна по теории фотонов, Борн показал, что волновая функция задает вероятность обнаружения частицы $dW = \psi(r,t)\psi^*(r,t)dV$ в данном объеме пространства dV . Таким образом, оказалось, что квантовая механика позволяет определять не сами координаты, а лишь вероятность того, что координаты частицы лежат внутри определенного интервала. Было показано вскоре, что волновая функция позволяет найти вероятность не только координаты, но и любой физической величины (импульса, энергии и т.д.).

Самым поразительным оказалось то, что вероятностные методы используются прежде всего для познания свойств и закономерностей индивидуальных, отдельных квантовых частиц – микрообъектов и не связаны с наличием огромного числа частиц.

Характерный пример ситуации дают, например, эксперименты по рассеянию частиц [Холево, 1980, с. 10]. В подобных экспериментах невозможно предсказать, в каком направлении рассеется данная частица, – можно лишь говорить о вероятности рассеяния в том или ином направлении. Совершенно аналогично, можно говорить только о вероятности попадания частицы на экран в то или иное место при рассеянии.

Условимся обозначать посредством q – совокупность координат квантовой системы, а посредством dq – произведение дифференциалов этих координат (так называемый элемент объема конфигурационного пространства системы); для одной частицы dq совпадает с элементом объема dV обычного пространства.

Основу математического аппарата квантовой механики составляет утверждение, что состояние системы может быть описано определенной (вообще говоря, комплексной) функцией координат $\psi(q)$, причем квадрат модуля этой функции определяет распределение вероятностей значений координат: $|\psi|^2 dq$ есть вероятность того, что произведенное над системой измерение обнаружит значения координат в элементе dq конфигурационного пространства. Функция ψ называется волновой функцией системы [см., например, Ландау, Лившиц, 1974, с. 19].

Основополагающее положение квантовой механики составляет утверждение относительно свойств волновой функции и заключается в следующем. Пусть в состоянии с волновой функцией $\psi_1(q)$ некоторое измерение приводит с достоверностью к определенному результату 1, а в состоянии $\psi_2(q)$ – к результату 2. Тогда принимается, что всякая линейная комбинация 1 и 2, т.е. всякая функция вида $c_1\psi_1 + c_2\psi_2$ (где c_1 и c_2 – постоянные), описывает состояние, в котором то же измерение дает либо результат 1, либо результат 2. Кроме того, можно утверждать, что если нам известна зависимость состояний от времени, которая для одного случая дается функцией $\psi_1(q, t)$, а для другого – $\psi_2(q, t)$, то любая их линейная комбинация также дает возможную зависимость состояний от времени.

Рассмотрим некоторую физическую величину f , характеризующую состояние квантовой системы. В общем случае физическая величина f , характеризующая состояние квантовой системы может принимать ряд либо дискретных, либо непрерывных значений. Значения, которые может принимать данная физическая величина, называются ее собственными значениями f_n . Обозначим волновую функцию системы в состоянии, в

котором величина f имеет значение f_n , посредством ψ_n . Волновые функции ψ_n называются собственными функциями: n -ной физической величины f . Измерение, произведенное над системой, находящейся в произвольном состоянии с волновой функцией Ψ , даст в результате одно из собственных значений f_n . В соответствии с принципом суперпозиции можно утверждать, что волновая функция должна представлять собой линейную комбинацию тех из собственных функций ψ_n , которые соответствуют значениям f_n , могущим быть обнаруженными с отличной от нуля вероятностью при измерении, произведенном над системой в рассматриваемом состоянии. Поэтому в общем случае произвольного состояния функция ψ может быть представлена в виде ряда

$$\Psi = \sum a_n \psi_n \quad (1.1)$$

где суммирование производится по всем n , где a_n – некоторые постоянные коэффициенты.

Разложение (1.1) дает возможность путем измерения определить вероятность обнаружения ψ системы в состоянии с волновой функцией ψ того или иного значения f_n величины f . Сумма вероятностей всех возможных значений f_n должна быть равна единице; другими словами, должно иметь место соотношение

$$\sum |a_n|^2 = 1, \quad (1.2)$$

где суммирование выполняется по всем n .

Таково краткое (и несколько упрощенное) изложение основного принципа квантовой механики – принципа суперпозиции состояний.

Тот глубокий философский смысл, который таится за внешне простой математической формулировкой, остается во многом еще не проявленным. Слишком много необычного и странного преподносит он классическому, «здравому» рассудку. Во-первых, волновая функция описывает не сам процесс, а вероятность (точнее – амплитуду вероятности) того или иного процесса. Часто, особенно в первую пору возникновения квантовой механики, в этом усматривалась ее «неполнота», и утверждалось, что необходимо искать более глубокую теорию, дающую более детальное и точное описание процессов.

Во-вторых, принцип суперпозиции утверждает (и это является, на наш взгляд, наиболее существенным в нем), что квантовый объект до измерения находится в необычном, «размазанном», «суперпонируемом» состоянии, точнее говоря, он находится во всех допустимых состояниях сразу.