

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕТЕРМИНИЗМА В НЕКЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЕ МИРА

В статье анализируется трансформация постановки проблемы детерминизма, которая была осуществлена представителями неклассической физики. Рассматривается отличие квантовой механики от классической механики, которое заключается в признании принципиально вероятностного характера поведения любых физических тел, а не только микрообъектов. Поднимается проблема онтологического статуса вероятностных, случайных явлений в квантовой теории.

Ключевые слова: детерминизм, вероятность, объективность, корпускулярно-волновая картина мира, дополнительность.

С философской и научной точек зрения детерминистская установка основана на идее, что любое явление рассматривается как результат действия некоторых причин, приведших к его возникновению, так же как и само это явление может исследоваться как причина других явлений. Принцип детерминизма является основанием для целостного осмысления таких существенных проблем философии природы, как проблема происхождения вещей и явлений, проблема связей между вещами, проблема изменчивости окружающего мира и т. д.

Детерминизм (от лат. *determino* – определяю) – это философское учение о закономерной универсальной взаимосвязи и взаимообусловленности явлений объективной действительности [5, с. 310]. Детерминизм – это принцип господства в природе причинно-следственных законов, имеющих необходимый характер связи причины и следствия. Выражением этой позиции являются следующие тезисы: «причина всегда с необходимостью порождает свои следствия», «следствие всегда есть необходимый результат какой-то причины». Категориями детерминизма являются, например, следующие парные понятия: закон – беззаконное, необходимость – случайность, возможность – действительность и т. д. Они выработаны в связи с теми базовыми установками, которые характерны для классического естествознания:

– во-первых, природа функционирует и развивается в соответствии с имманентно присущими ей внутренними, «естественными» законами;

– во-вторых, законы природы – это выражение необходимых связей между явлениями и процессами объективного мира;

– в-третьих, цель науки, соответствующая ее предназначению и возможностям, – откры-

тие, формулирование и обоснование законов природы.

Необходимо отметить, что А. Эйнштейн до конца своей жизни придерживался концепции, известной как лапласовский детерминизм.

Альтернативой классической механике И. Ньютона, которая была непререкаемым эталоном научной истины более двухсот лет, стали специальная и общая теория относительности и квантовая механика, которые являются основными теориями неклассической физической картины мира. Понятие «картина мира» в отношении к научным теориям позволяет выявить исторический смысл естественнонаучных онтологий. Мир, понимаемый как «картина», означает в этом контексте «конструкт опредмечивающего представления» (М. Хайдеггер).

Отличием специальной теории относительности от классической механики является следующее утверждение: существует изменяемость и зависимость пространственных промежутков и временных интервалов друг от друга и от скорости движения тел либо от скорости системы отсчета, относительно которой измеряются пространственные и временные параметры. Таким образом, о пространственных и временных свойствах тел самих по себе ничего определенного сказать нельзя, а можно только по отношению к выделенной системе отсчета. Но бессмысленно говорить и о массе тела самого по себе, вне отнесенности его к какой-либо системе отсчета, поскольку в механике А. Эйнштейна масса тел меняется вместе со скоростью их движения.

А. Эйнштейн рассматривал понятия пространства, времени и массы тел не как субстанциональные, а как атрибутивные, относительные свойства тел, значение которых существенно зависит от выбора наблюдателем некоторой систе-

мы отсчета [7, с. 142–146]. Наблюдатели могут утверждать разные значения пространства, времени и массы одних и тех же тел относительно своих систем отсчета. И все наблюдатели, с точки зрения А. Эйнштейна, будут одинаково правы, если не сделали ошибок в вычислениях. Возможность абсолютной, привилегированной системы отсчета в механике Эйнштейна определяется как внеэмпирическое допущение, поэтому полностью отвергается. Новым средством описания физических явлений было введение А. Эйнштейном в специальной теории относительности пространственно-временного континуума, в котором для описания событий в природе нужно применять не два, а четыре числа. Мир событий – это четырехмерный континуум. Деление мира на время и пространство оказывается не оправданно, так как описание мира событий «посредством статической картины на фоне четырехмерного пространственно-временного континуума» более удобно и объективно. Измеренное значение времени у Эйнштейна оказалось зависимым от движения наблюдателей. Эффект замедления времени заметен только для скоростей, сравнимых со скоростью света в вакууме, где для движущегося наблюдателя время течет медленнее, чем для неподвижного.

Создание общей теории относительности А. Эйнштейном привело к признанию того, что не только пространственные и временные свойства событий зависят не только друг от друга и от выбора системы отсчета, но они зависят и от влияния на них других масс или сил тяготения. Принятие научным сообществом специальной и общей теорий относительности А. Эйнштейна привело к утверждению принципов, на основании которых вера в трансцендентальный, абсолютный характер научного познания и в возможность абсолютно истинной научной картины мира становится несостоятельной. Это принципы, во-первых, принципиальной возможности и правомерности в науке альтернативных теорий об одной и той же предметной области; во-вторых, лишь относительного, а не абсолютно истинного объективного характера физических научных истин.

Другая фундаментальная концепция современного естествознания – квантовая механика, создатели которой подорвали всеобщность и непререкаемость такого фундаментального онтологического принципа классического естество-

знания, как детерминизм. Отличием квантовой механики от классической является положение о принципиально вероятностном характере поведения любых физических тел, а не только микроробъектов. Невозможность однозначного описания движения тел связана с теми ограничениями, которые накладывают принцип неопределенности В. Гейзенберга и принцип дополнительности Н. Бора. Согласно квантовой механике, физический мир устроен таким образом, что возможно только его вероятностное описание.

Меняется тип исследуемого объекта. Если объектом классического естествознания являлись простые замкнутые системы и объекты макромира, то объектом неклассического естествознания становится микромир. Специфика этих объектов требует особой методологии исследования. Основанием построения неклассической модели реальности становится утверждение: мышлению объект не дан в его первоначальном состоянии, следовательно, детерминистский закон в его классическом виде не отвечает онтологическим основаниям неклассической физической картины мира. Изучается не объект, как он есть сам по себе, а то, как явилось наблюдателю взаимодействие объекта с прибором. Проблема взаимодействия прибора и объекта в классической физике не ставилась в силу слабости этого взаимодействия. Так, деформация при измерении поверхности предмета линейкой настолько мала, что ее можно не учитывать, но «возмущение», вносимое в пространство бытия электрона электромагнитным излучением (средством наблюдения), столь велико, что не учитывать его невозможно.

Для современной науки и философии характерно качественно новое, диалектическое понимание принципа детерминизма. Так, согласно И.Я. Лойфману, разработавшему системный подход к научной картине мира [4, с. 61–96], в принципе детерминизма отражено то, что все существующее возникает из уже существовавшего на основе внутренней активности самой материи, что означает несотворимость и неразрушимость движущейся материи. Признание объективной закономерности природы, исторически обусловленной связи явлений природы выражает идею материального единства мира. Идея бесконечного самодвижения и круговорота материи, которая развивается в работах философов начиная с Античнос-

ти, также получает специфическое выражение в принципе детерминизма. Взаимообусловленность связей в малом и связей в целом означает взаимодействие всего со всем. Главным в этом понимании является представление о мире как многоуровневой развивающейся целостности, что и определяет те специфические черты, которые характерны для современного детерминизма.

Во-первых, утверждается объективный характер случайных связей в природе и обществе. Они не противопоставлены необходимым связям, но образуют с ними неразрывное диалектическое единство. Таким образом, хаос и неопределенность могут рассматриваться как атрибуты бытия и выступать объективной онтологической основой человеческой индивидуации, причем как созидающего творчества, так и разрушительного действия.

Во-вторых, понятие «детерминизм» не сводится к понятию «причинность», так как в него включаются не причинные типы обусловливания: функциональная, системная, целевая детерминация.

В-третьих, признается, что разные формы детерминации имеют разное значение на разных уровнях мирового бытия и что один и тот же тип связей проявляется по-разному в разных слоях мирового бытия. Например, значение целевой детерминации возрастает от уровня к уровню и приобретает особый смысл в человеческом существовании и обществе, а конструктивная роль функциональных и системных связей раскрывается на уровне биологических систем.

В-четвертых, исследование причинных связей как характеристики мирового бытия основано на том, что они носят нелинейный (ветвящийся и вероятностный) характер. Поэтому рассмотрение причинных связей в единстве с другими формами детерминации требует нелинейной, сценарной логики научного мышления.

Закономерный характер всеобщей обусловленности явлений и процессов признается даже индетерминизмом. Индетерминизм принято считать альтернативой детерминизму, поскольку происходит либо отрицание какой-либо одной характеристики детерминизма, например причинных связей, либо данный принцип рассматривается как не имеющий всеобщего объективного характера. Индетерминистская позиция, начиная с последней трети XIX в., появля-

ется и в структурах научного дискурса. Эта тенденция связана с изучением стохастических процессов в термодинамике; с введением принципа неопределенности в квантовой механике; со столкновением с непредсказуемым характером мутаций в биологии; с признанием особой роли хаоса в процессах самоорганизации.

В сфере философии представление о случайном характере событий относится к античной древности, например, в воззрениях Эпикура. Однако особый смысл проблема случайности в науке приобретает в связи с установлением соотношения неопределенностей в квантовой механике. Необходимо отметить, что существенное различие между классической физикой и квантовой механикой заключается в осмыслении типа взаимосвязи между состояниями физической системы.

Так, в классической физике состояние физической системы в какой-либо момент времени t_1 считается полностью заданным, если для каждой из составляющих эту систему частиц точно известны значения ее состояний, например значения координат и импульсов этих частиц. Согласно законам классической механики, исходное состояние системы в момент времени t_1 однозначно определяет значения всех параметров состояния системы в момент времени t_2 .

В квантовой механике состояние системы также считается полностью заданным, если для всех составляющих ее частиц известно значение их координат и импульсов. Но в соответствии с принципом неопределенности не все, а только некоторые значения абсолютно точно известны. В квантовой механике связь между состояниями системы описывается волновой функцией с помощью уравнений, известных как дифференциальные уравнения Э. Шрёдингера. Эти уравнения однозначно определяют состояние системы в момент времени t_2 на основе заданного множества значений параметров ее состояний в момент t_1 . На первый взгляд – полная аналогия с классической механикой. Уравнение Шрёдингера имеет математическую форму детерминистского закона. Однако оно однозначно предсказывает лишь вероятность возможных значений различных состояний системы в момент t_2 на основе значений ее состояний в момент t_1 . В отличие от классической механики квантовая теория не дает однозначно точных предсказаний будущих состояний системы, а предсказывает их только вероятностно.

Началом интенсивных теоретических исследований в области квантовой механики, как отмечает В. Гейзенберг, было открытие М. Планком закона теплового излучения. В связи с этим открытием перед Планком возник вопрос: какова правильная физическая интерпретация новой формулы? Планк в более ранних работах толковал эту формулу как утверждение об излучающем атоме (так называемом осцилляторе), но вскоре понял, что его формула имеет такой вид, как если бы осциллятор изменял свою энергию не непрерывно, а лишь отдельными квантами и если бы он мог находиться только в определенных состояниях или, как говорят физики, в дискретных состояниях энергии. Им была высказана мысль, что энергия может испускаться и поглощаться лишь дискретными квантами энергии. Она выходила за традиционные рамки физики.

Проблемы корпускулярно-волновой картины мира, а вместе с ней и детерминистская тема «законы сохранения – пространственно-временные образы» стали одними из главных вопросов, интересующих одного из создателей квантовой механики Н. Бора, которые впоследствии привели ученого к созданию концепции дополнителности. Вопрос о природе света и элементарных составных частиц материи разрешается Бором посредством концепции дополнителности. Он пишет: «Что касается света, его распространение в пространстве и времени, как известно, адекватно описывается электромагнитной теорией. В частности, интерференционные явления в вакууме и оптические свойства материальных сред всецело управляются принципом суперпозиции волновой теории. Тем не менее сохранение энергии и импульса при взаимодействии излучения с веществом, проявляющееся в фотоэлектрическом эффекте и эффекте Комптона, находит адекватное выражение в выдвинутой Эйнштейном идее световых квантов... Такая ситуация ясно показывает невозможность причинного пространственно-временного описания световых явлений» [1, с. 32].

В отношении природы частиц вещества Бор считает, что корпускулярная и волновая картины, на первый взгляд, взаимно исключающие друг друга, должны использоваться совместно при интерпретации эмпирического материала. В 1927 г. В. Гейзенберг при поддержке Н. Бора и его школы предложил устранить

противоречие «волна - частица», понимаемое им как аналогия. На основании того, что «совокупность атомных явлений невозможно непосредственно выразить нашим языком», Гейзенберг предложил отказаться от представления о материальной точке, точно локализованной во времени и пространстве.

Если применить соотношения Гейзенберга, например, к электрону в атоме, то получится, что, так как скорость электронов при движении вокруг ядра порядка 10^6 м/с, максимально допустимая неопределенность скорости не должна превышать самой скорости. Пусть они равны, тогда из соотношения неопределенностей для координат и импульсов $\Delta p \Delta q \geq h$, $\lambda = h / (mv)$. Выражение в числах приводит к тому, что неопределенность в координате порядка размеров самого атома. Отсюда вывод: электрон размазан по всему объему атома в виде пульсирующего облачка, и его боровская орбита – геометрическое место точек, в которых корпускулярные свойства электрона наиболее выражены.

Ситуация складывается таким образом, что известно либо точное положение в пространстве при полной неопределенности во времени, либо обратное. В этом заключается требование квантовых скачков. В работе «Физика и философия» В. Гейзенберг писал, что Бор советовал применять обе картины. Их он назвал дополнительными. Обе картины, естественно, исключают друг друга, так как определенный предмет не может в одно и то же время быть и частицей (т. е. субстанцией, ограниченной в малом объеме), и волной (т. е. полем, распространяющимся в большом объеме). Но обе картины дополняют друг друга. «Если использовать обе картины, переходя от одной к другой и обратно, то в конце концов получится правильное представление о примечательном виде реальности, который открывается в наших экспериментах с атомами» [3, с. 29].

С введением волны вероятности в теоретическую физику было введено совершенно новое понятие. Оно означало нечто подобное стремлению к определенному протеканию событий, означало количественное выражение старого понятия «потенция» аристотелевской философии. Как отмечает Гейзенберг, понятие «волна» ввело странный вид физической реальности, который находится приблизительно посередине между возможностью и действительностью.

В 1926 г. Э. Шрёдингер показал, что форма-

лизм его волновой механики математически эквивалентен квантовой механике, однако он пытался отказаться от представления о квантах и квантовых скачках и пробовал заменить электроны в атоме трехмерными волнами материи. Основанием для этого было то, что в его теории уровни энергии атома водорода рассматривались как собственные частоты некоторых стационарных волн. Поэтому Шрёдингер полагал, что будет ошибкой считать их значениями энергии. С его точки зрения, они являются частотами, а вовсе не энергией. Однако во время дискуссии, которая проходила в Копенгагене осенью 1926 г. между Н. Бором, Э. Шрёдингером и копенгагенской группой физиков, стало очевидным, что такая интерпретация недостаточна даже для объяснения планковского закона теплового излучения.

За этой дискуссией последовало изучение в Копенгагене всех вопросов, связанных с интерпретацией квантовой теории. Это привело к законченному и, как считают многие физики, удовлетворительному объяснению всей ситуации. Гейзенберг отмечает, что окончательное решение пришло с двух сторон.

С одной стороны, возможное решение заключалось в переформулировке вопроса. Вопрос о том, как можно данную экспериментальную ситуацию описывать с помощью известной математической схемы, заменяется на вопрос, верно ли, что в природе встречается только такая экспериментальная ситуация, которая выражается в математическом формализме квантовой теории?

С другой стороны, возможное решение связывалось с понятием дополнительности Бора. По Э. Шрёдингеру, атом – это система, которая состоит не из ядра и электронов, а из атомного ядра и материальных волн. Бор рассматривал корпускулярную и волновую картины как два дополнительных описания одной и той же реальности. При этом каждое из этих описаний может быть верным только отчасти, то есть существуют границы применения корпускулярного и волнового описания. Что является отражением трансформации понятия истины. Как отмечает Гейзенберг, если принять во внимание границы, обусловленные соотношением неопределенностей, то противоречия исчезают.

Таким образом, в начале 1927 г. была выработана непротиворечивая интерпретация квантовой теории, которая именуется копенгагенс-

кой интерпретацией и считается ортодоксальной. Несмотря на трудности, связанные с последующим пониманием всех тонкостей концепции дополнительности, на разногласия, вызванные последующими интерпретациями ее действительного содержания, и на критику ее основных положений, можно согласиться с утверждением Дж. Уилера: распространение концепции дополнительности шло медленно, но необратимо.

К Н. Бору присоединились В. Гейзенберг, Борн, Иордан, Паули, а в некоторых вопросах и П. Дирак. Именно П. Дирак в 1925–1926 г. разработал для квантовой механики совершенный математический аппарат. Это привело к оформлению квантовой теории в законченную систему. Представители копенгагенской школы не признавали однозначности реальности микрообъектов и микропроцессов, отрицая причинность в элементарных процессах. «Копенгагенцам» возражали Лоренц, Эйнштейн, Ланжевен, Планк, Лауэ и др., которые были «детерминистами» по своим убеждениям. Например, Ланжевен считал, что, отказываясь от детерминизма, мы лишим науку ее основного движущего начала – того, что до сих пор составляло ее силу и залог ее успеха: веры в конечную познаваемость Вселенной. Однако новый, неклассический образ природы уже начинал входить в сферу физической картины мира.

Обращаясь к этим вопросам, авторы «Фейнмановских лекций по физике» сформулировали следующую мысль: «Хорошо, конечно, знать, какие из идей экспериментальной проверки не поддаются, но нет необходимости отбрасывать их все. Неверно же, что науку можно создавать только из тех понятий, которые прямо связаны с опытом. Ведь в самой квантовой механике есть и амплитуда волновой функции, и потенциал, и многие другие умственные построения, не поддающиеся прямому измерению» [6, с. 233].

В классической физической картине мира искажениями, которые давали приборы, можно было зачастую пренебречь. Однако для изучения объектов атомной физики соприкасаются и взаимодействуют объекты разных миров. То есть для изучения микромира используются приборы и наблюдатели из макромира, что вносит неустранимые искажения в состояния микрообъектов. А значит, будущее состояние микрочастицы не может быть достоверно и точно предсказано. Согласно принципу неопределен-

ности, повышение точности знания одного параметра увеличивает неточность в знании сопряженного ему параметра.

Итак, возникает иное по сравнению с классическими представлениями понимание объективности: в качестве необходимого условия объективности объяснения и описания выступает требование учитывать взаимодействие объекта с прибором. В квантово-релятивистской физике, изучающей микрообъекты, имеет место сильное взаимодействие, влияющее на характеристики изучаемого объекта, следовательно, объяснение и описание невозможны без фиксации средств наблюдения. «Измерение» состояния и местоположения частицы основано на энергетическом и силовом воздействии, что не позволяет наблюдать ее в одном и том же начальном состоянии. Если в классической физике идеалом исследования являлось описание и изучение объекта «самого по себе», без указания на средства его исследования, то в процедуры объяснения и описания объектов микромира включаются ссылки на средства и операции познавательной деятельности. Следовательно, постановка

проблемы детерминизма становится связанной с деятельностью исследователя, а не с представлением о действительности «самой по себе».

Таким образом, можно сделать вывод, что если классическое описание природы основано на предпосылке, что рассматриваемое явление можно наблюдать, не оказывая на него заметного влияния, то в квантовой теории, «Согласно квантовому постулату, всякое наблюдение атомных явлений включает такое взаимодействие последних со средствами наблюдения, которым нельзя пренебречь» [2, с. 31]. Это взаимодействие представляет собой неделимый, индивидуальный процесс, целостность которого воплощается в планковском кванте действия. По Бору, поскольку взаимодействие наблюдаемых микрообъектов и средств наблюдения имеет неделимый характер, то невозможно приписать самостоятельную реальность в обычном физическом смысле ни явлению, ни средствам наблюдения. Эта ситуация привела к тому, что в рамках неклассических физических теорий возникла неклассическая постановка проблемы детерминизма.

5.04.2011

Список литературы:

1. Бор Н. Избранные научные труды. В 2-х т. Т. 1. М.: Наука, 1970.
2. Бор Н. Избранные научные труды. В 2-х т. Т. 2. М.: Наука, 1971.
3. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое / В. Гейзенберг. М.: Мир, 1989.
4. Лойфман И. Я. Мировоззренческие штудии: Избр. работы. Екатеринбург: Банк культурной информации, 2002.
5. Медведева И.А. Детерминизм // Новейший философский словарь. Мн.: Книжный дом. 2003. – С. 310-311.
6. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3. Излучение. Волны. Кванты. М.: Мир, 1965.
7. Эйнштейн А. О науке // Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 4. / А. Эйнштейн. М.: Наука, 1967. С. 142-146.

Сведения об авторе: **Шуталева Анна Владимировна**, доцент кафедры онтологии и теории познания Института социально-политических наук Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, кандидат философских наук
620000, г. Екатеринбург, проспект Ленина 51, ауд. 332, тел. (343) 350-73-76,
e-mail: ashutaleva@yandex.ru

UDC 1.14

Shutaleva A.V.

Southern Federal University, named after the first Russian President B.N. Yeltsin, e-mail: ashutaleva@yandex.ru

PHILOSOPHICAL ASPECTS OF DETERMINISM IN NON-CLASSICAL PHYSICAL PICTURE OF THE WORLD

The paper analyzes the transformation of the problem of determinism, which was conducted by representatives of non-classical physics. The author considers the difference between quantum mechanics from classical mechanics, which is to recognize the fundamentally probabilistic nature of the conduction of all physical bodies, not just micro-objects. The problem of the ontological status of probability, random phenomena in quantum theory is raised.

Keywords: determinism, probability, objectivity, particle-wave picture of the world, complementarity.

Bibliography:

1. Bor N. The elected proceedings. In 2 t. V. 1. M.: The Science, 1970.
2. Bor N. The elected proceedings. In 2 t. V. 2. M.: The Science, 1971.
3. Gejzenberg V. Physics and philosophy. A part and the whole / V.Gejzenberg. M.: The World, 1989.
4. Loifman I. World outlook studies: Elite Works. Ekaterinburg: Bank of the cultural information, 2002.
5. Medvedeva I. A. Determinism // The Newest philosophical dictionary. Mn.: The Book house. 2003. – P. 310-311.
6. Fejnman R., Leyton R, Sends M. Fejnmanovskie of lecture on physics. V. 3. Radiation. Waves. Quants. M.: The World, 1965.
7. Ejnshtejn A. About a science // Ejnshtejn A. Assembly of proceedings. V. 4. / A.Ejnshtejn. M.: The Science, 1967. P. 142-146.