

УДК 167+141
DOI: 10.15372/PS20240404
EDN MZXEVW

П.Д. Абрамов, В.М. Некрасова

РЕАЛИЗМ И ХОЛИЗМ НАУЧНОЙ ТЕОРИИ ВОЛНЫ-ПИЛОТА И ФИЛОСОФИИ ДЭВИДА БОМА

Цель работы состоит в том, чтобы раскрыть идеи Бома, прежде всего его представления о холизме и имплицитном порядке, и связать эти философские взгляды с причинной интерпретацией квантовой механики, или теорией де Бройля – Бома. Ключевые принципы причинной интерпретации, или теории скрытых параметров, или волны-пилота, рассматриваются в сопоставлении с принципами копенгагенской интерпретации, исторически первой и одной из наиболее распространенных интерпретаций квантовой механики. Копенгагенская интерпретация и теория де Бройля – Бома содержат разные методологические установки, дающие разные трактовки одних и тех же физических явлений. От феноменологических, не отделяющих «событие» от наблюдения принципов копенгагенской интерпретации отличен реалистический и в онтологическом, и в эпистемологическом плане подход Д. Бома. Представление о нелокальности служит научной основой холистической метафизики Д. Бома. Реальность – это целостность, но целостность, постоянно меняющаяся, в которой имплицитные процессы переходят в эксплицитные, от целостности отделяются относительно автономные и самодостаточные аспекты, составляющие частицы и поля.

Ключевые слова: квантовая механика; копенгагенская интерпретация; причинная, или волны-пилота, или скрытых параметров, интерпретация; нелокальность; холизм; философия процесса; имплицитный и эксплицитный порядок

P.D. Abramov, V.M. Nekrasova

REALISM AND HOLISM OF THE PILOT-WAVE SCIENTIFIC THEORY AND DAVID BOHM'S PHILOSOPHY

The purpose of the paper is to reveal Bohm's ideas, primarily his notions of holism and implicit order, and to relate these philosophical views to the causal interpretation of quantum mechanics, or the de Broglie–Bohm theory. The key principles of the causal interpretation, or the theory of hidden variables, or the pilot wave theory, are compared with the

principles of the Copenhagen interpretation which is historically the first and one of the most widespread interpretations of quantum mechanics. The Copenhagen interpretation and the de Broglie–Bohm theory are based on different methodological approaches, which provide different interpretations of the same physical phenomena. The phenomenological principles of the Copenhagen interpretation, which do not separate the “event” from the observation, differ from Bohm’s approach, realistic in both ontological and epistemological terms. The concept of non-locality serves as the scientific basis for Bohm’s holistic metaphysics. Reality is a whole, but a constantly changing whole, in which implicit processes become explicit, and relatively autonomous and self-sufficient aspects that make up particles and fields separate from the whole.

Keywords: quantum mechanics; Copenhagen interpretation; causal interpretation, or pilot wave interpretation, or hidden parameter interpretation; non-locality; holism; process philosophy; implicit and explicit order

Введение

Квантовая механика – одна из наиболее успешных и точных по части предсказаний научных теорий, однако уже с самого появления ее преследуют концептуальные сложности и парадоксы, связанные со значительными трудностями в объяснении природы квантовомеханических явлений. Наиболее распространенной и широко признанной является копенгагенская, или, точнее, в настоящее время уже неокопенгагенская, интерпретация квантовой механики. Как и другие интерпретации квантовой механики, она нацелена на разъяснение квантовых парадоксов для более точного и непротиворечивого понимания сути квантовых процессов. Альтернативные интерпретации (причинная, или волны-пилота де Бройля – Бома, многомировая Х. Эверетта, модальная Б. ван Фраассена, реляционная К. Ровелли и др.) по-своему трактуют трудноразрешимые аспекты квантовой теории. Все эти интерпретации объединяет то, что они дают трактовку формальной части квантовой теории, выраженной главным образом волновой механикой Э. Шредингера, и соотносят ее с экспериментальными наблюдениями.

Холистическая онтологическая интерпретация Бома, речь о которой пойдет в данной работе, имеет радикально отличный от копенгагенской интерпретации метафизический базис и основывается на представлении о нелокальности как ключевой характеристике квантовой механики. Она дает свое объяснение ряду квантовых особенностей: дуализму волны-частицы, влиянию измерительного прибора, проблеме измерения и многим другим. Наша задача в данной статье состоит в том, чтобы прояснить научно-философскую

онтологию Бома и выявить ее сильные стороны по сравнению с копенгагенской интерпретацией. Актуальность этой задачи определяется тем, что в отечественной философии науки теория Бома является недостаточно исследованной, больше изучаются и развиваются альтернативные концепции: концепция Х. Эверетта [5], контекстуальный квантовый реализм [6] и др. При этом, как отмечает В.Д. Эрекаев, «в последнее время просматривается тенденция бурного развития причинной программы интерпретации КМ» [10, с. 12], и до этого теория Бома также вызывала интерес [9].

Также будут уточнены и дополнены ряд идей современных англоязычных авторов. Физическую теорию де Бройля – Бома обозначают как теорию скрытых параметров, теорию волны-пилота, причинную интерпретацию. Мы будем использовать в первую очередь выражение «теория волны-пилота Бома» или просто «теория Бома». Математический аппарат физической теории Бома, начиная с его разработок начала 1950-х годов, существенно не менялся, при этом есть несколько ее математических формулировок. Если брать уже не физическую, а базирующуюся на ней научно-философскую онтологию Бома, то она развивалась, и ее раннюю версию обозначают как неореалистическую [8, с. 33], а позднюю – как холистическую [3, с. 237].

Для достижения поставленной задачи предстоит рассмотреть метафизический базис холистической онтологии Бома и связать его с ключевыми физическими особенностями его физической теории.

Феноменологические принципы копенгагенской интерпретации

Копенгагенская интерпретация представляет собой консенсус в способе понимания квантовых процессов, достигнутый «отцами-основателями» квантовой механики (Н. Бор, В. Гейзенберг, М. Борн, В. Паули и др.). По сути, «копенгагенская интерпретация» – собирательное наименование для нескольких, подчас в деталях отличных друг от друга представлений о квантовой теории. Значительную часть этих представлений составляет позиция Н. Бора [5], которую образуют прежде всего знаменитые принципы дополнительности и соответствия, однако не меньший вклад в формирование этой интерпретации внесли уже упоминавшийся Э. Шредингер как создатель волновой механики, В. Гейзенберг – создатель альтернативной шредингеровской матричной механики и автор принципа неопреде-

лennости, М. Борн – автор статистической интерпретации волновой функции частицы. К создателям этой интерпретации относят также В. Паули, П. Дирака и ряд других исследователей. Все эти ученые отставали индeterminизм квантовых процессов и статистический характер волновой функции, приоритет наблюдаемости и зависимость результатов эксперимента от экспериментальной установки и условий проведения эксперимента, а также принципы дополнительности и соответствия. В общем виде таковы принципы интерпретации, в которых «копернагенцы» достигли консенсуса, и в нашей работе под «копернагенской интерпретацией» мы будем подразумевать совокупность этих принципов.

Поговорим о них немного подробнее. Принцип соответствия гласит, что описание квантовых явлений должно осуществляться исключительно с помощью классических концепций, адаптированных к ним должным образом. Классические концепции здесь – это не только понятия классической механики, но и общие категории, организующие человеческий опыт: положение, длительность, изменение, причинно-следственная связь. Согласно Н. Бору язык классической физики обеспечит доступное изложение квантовых процессов и их интегрирование в картину классической физики. Более того, изложение на этом языке является не только доступным, но и единственным возможным, коль скоро ему отведена роль оформителя опыта в целом. Именно следование принципу соответствия выступает предпосылкой статистической интерпретации квантовой теории. Действительно, применение классического описания для интерпретации экспериментов в квантовой области позволяет описать основной математический объект квантового формализма – волновое уравнение статистически, так что квадрат его абсолютного значения дает амплитуду вероятности результатов измерения.

Принцип дополнительности также можно понимать как интерпретацию языком классической физики экспериментальных наблюдений. В общем смысле он подразумевает, что различные результаты измерения одного и того же квантового объекта, кажущиеся несовместимыми, на деле дополняют друг друга, раскрывая как бы две стороны реальности одного объекта. Так дополняют друг друга характеристики объекта, которые не могут быть зафиксированы одновременно, такие как его положение и импульс. Стоит добавить, что Н. Бор рассматривал дополнительность не только как частнонаучный, но и, более того, как универсальный принцип познания, в со-

ответствии с которым дополняют друг друга естественные науки, обыденные опыт и познание, философия.

Приоритет наблюдаемости и зависимость результатов эксперимента от экспериментальной установки говорят о феноменологическом характере копенгагенской интерпретации. В соответствии с ней процессе наблюдения и измерения установка и частица образуют единое динамическое целое. В дальнейшем описании эксперимента и работе с описанием необходимо логически разделять измерительную установку и частицу, но запутанность прибора и частицы ведет к неотделимости реальных объектов микромира от той информации о них, что мы получаем в процессе наблюдения. Рассуждать о поведении частицы в отрыве от измерительной установки в рамках данной интерпретации некорректно. Вот что писал В. Гейзенберг в работе 1958 г. «Физика и философия. Часть и целое»: «...Понятие ««событие»» должно быть ограничено наблюдением. Этот вывод весьма существен, так как, по-видимому, он показывает, что наблюдение играет решающую роль в атомном событии и что реальность различается в зависимости от того, наблюдаем мы ее или нет» [4, с. 24]. Таким образом, если придерживаться этой интерпретации, нам потребуется постоянно учитывать наличие экспериментальной установки, использованной в каждом конкретном случае.

С взаимодействием прибора и частицы связана концептуальная трудность в квантовой механике, известная как проблема измерения. Суть ее состоит в следующем: если предположить, что все объекты во Вселенной – это, в сущности, квантовые объекты, и иметь в виду, что взаимодействие прибора и частицы можно также описать как квантовое состояние, то как можно объяснить тот факт, что стрелка прибора при измерении занимает определенное, а не суперпозиционное положение? На этот вопрос каждая интерпретация дает свой ответ. Однако в копенгагенской интерпретации с измерением связан тонкий момент, известный как «коллапс волновой функции» – непредсказуемое «схлопывание» квантовой системы, до этого находящейся в суперпозиции состояний, к единственной величине.

Итак, копенгагенская интерпретация опирается на язык классической физики для объяснения экспериментов в квантовой области. Эта интерпретация – ответ Н. Бора на парадоксальные свойства квантовых процессов, однако можно ли его признать наиболее полным? Все еще не даны окончательные ответы на ряд вопросов. Ка-

ков механизм влияния измерения, производимого человеком, на эволюцию квантовой системы? Каков онтологический статус квантовой системы, описанной волновой функцией, которая, по мнению основателей квантовой механики, является лишь математическим отражением наших знаний о квантовых объектах, до коллапса? В рамках копенгагенской интерпретации описание эволюции квантовой системы через волновую функцию было признано полным. По этой причине стоявшие у истоков квантовой механики ученые отвергали возможность добавления иных, помимо волнового уравнения, параметров в формальный аппарат теории с целью ее уточнения, а потому не признавали и теории со скрытыми параметрами, где за эволюцию квантовой системы, кроме волновой функции, отвечают и другие факторы.

Реализм теории волны-пилота, или теории скрытых параметров

Одной из теорий скрытых параметров является теория Бома, или Бройля – Бома, поскольку она была разработана в 1920-х годах Л. де Бройлем и в 1950-х переоткрыта Д. Бомом. Механика Бома, являясь эмпирически эквивалентной стандартной версии квантовой механики, или, другими словами, давая аналогичные предсказания результатов квантовых экспериментов, предлагает совершенно иную трактовку самой сути квантовых процессов. Бом разрабатывает версию теории, способную находить объяснения трудноразрешимым проблемам квантовых экспериментов с точки зрения реальных процессов, в том числе выходящих за рамки доступных непосредственному наблюдению в экспериментальной ситуации, – теорию скрытых параметров.

Стоит уточнить, что слишком категоричным было бы считать всех «копенгагенцев», несмотря на их феноменологическую интерпретацию познания, антиреалистами, отрицающими независимое бытие реальности вне субъекта, точнее, вне ученого-экспериментатора, ее познающего. Так, Н. Бор придерживался «реализма сущностей». Позиция Д. Бома отлична от реализма сущностей, он является реалистом и в онтологическом, и в эпистемологическим плане. Есть реальность вне субъекта, точнее, в соответствии с холизмом субъект является частью этой реальности, и вдобавок к этому познается именно реальность, а не ее сконструированный

образ. Событие, в противоположность приведенному выше мнению Гейзенберга, не ограничено наблюдением, или тем, что явлено нам в нашем опыте, но представляет собой часть целостной реальности. После этого уточнения вернемся к теории скрытых параметров.

В механике Бома роль скрытого параметра играет добавочное направляющее уравнение, которое наряду с волновой функцией полностью определяет эволюцию физической системы, дополняя доступную информацию о ней. Это направляющее уравнение отражает развитие волны-пилота и вместе с линейным уравнением Шредингера полностью представляет эволюцию квантовой системы. Уравнение Шредингера описывает положения частиц, определяя пространство возможных конфигураций системы, в то время как добавочное уравнение Бома управляет скоростью изменения положений частиц и определяет их траектории.

Волна-пилот, о которой идет речь, развивается в многомерном конфигурационном пространстве и как бы «направляет» частицу по определенному пути. Влияние волны-пилота на движение квантовых частиц можно проиллюстрировать на примере известного двухщелевого эксперимента: волна проходит сквозь обе щели, управляя траекториями частиц, которые она «переносит». Частица же проходит только через одну щель. Интерференция, указывающая на волновые свойства микрочастиц, развивается в волне и дает соответствующую картину на детектирующем экране. Как отмечает А.В. Белинский, «волновая функция так управляет частицей, что разреживает следы частиц в области, где интерференция деструктивна, и сгущает в области, где интерференция конструктивна, порождая интерференционные полосы на детектирующем экране» [1, с. 14].

Помимо объяснения дуализма волны-частицы, механика Бома также позволяет исключить из рассмотрения постулаты об измерении или «коллапсе», характерные для копенгагенской версии квантовой механики, и делает это следующим способом. Как пишет Ш. Гольдштейн [15], в качестве соответствующей эксперименту системы берется сама квантовая система, а также все экспериментальные установки и приборы, необходимые для измерения, поскольку сама квантовая система неизбежно подвергнется воздействию в результате наблюдения. Для описания системы бомовским способом для нас важны начальное и конечное состояния этой общей системы, обе составляющие которой будут распределены квантово-механическим

способом (квадрат абсолютного значения волновой функции). Эволюцию же системы отразит направляющее уравнение.

Такое объединенное рассмотрение квантовой системы удобно для более ясного объяснения измерения и связанного с ним «коллапса». Согласно Бому, чтобы дать такое объяснение, следует в первую очередь выделить из объединенного описания экспериментальной ситуации саму квантовую систему, за которой производится наблюдение. С другой стороны, в противоположность выделению делается обобщение, что наблюдаемая система не может быть замкнутой, так как наблюдение невозможно представить без взаимодействия, поэтому стоит мыслить наблюдаемую квантовую ситуацию как подсистему более крупной системы (всей Вселенной), которая развивается, согласно уравнению Шредингера, вместе с подсистемой. Тогда волновая функция подсистемы встраивается в общую эволюцию крупной системы и понимается как фактическая конфигурация квантовой системы в определенный момент времени, подчиняющаяся описанному выше направляющему уравнению Бома.

Представление измерения как принятия системой определенной фактической конфигурации вместо «коллапса» снимает свойственную копенгагенской интерпретации рассогласованность двух состояний квантовой системы из прибора и частиц до и после измерения. В бомовской версии оба состояния контролируются направляющим уравнением и между ними нет противоречия. С измерением связано множество вопросов. Так, Дж.С. Белл, являющийся сторонником теории Бома, отмечает: поскольку четко не определены критерии того, что та или иная физическая система является «измерителем», и если мы претендует на то, что квантовая теория применима не только к идеализированным лабораторным операциям, то «разве мы не обязаны признать, что более или менее “похожие на измерения” процессы происходят более или менее постоянно и повсеместно?» [11, с. 34].

Итак, изложенное выше показывает, как можно представить себе непротиворечивое описание квантовых процессов с помощью скрытых переменных, возможность которых резко отвергалась «отцами-основателями» квантовой механики. Сам Д. Бом видел для квантовой теории возможности развития, выходящего за рамки той интерпретации, которую ей дали вскоре после ее появления, и представлял квантовые процессы как подверженные влиянию сил, действующих через скрытые параметры. Тем не менее, как уже было

упомянуто, теория со скрытыми параметрами была отвергнута большей частью современников Бома, да и в наши дни принимается многими учеными со скепсисом, так как ассоциируется с возвратом к классической физике. Однако такое возражение против теории скрытых параметров нерелевантно по причине следующей ключевой особенности.

Речь идет о нелокальности. Суть этого явления – обретение двумя запутанными частицами мгновенных корреляций в результате измерения, произведенного над одной из запутанных частиц, независимо от расстояния, на которое эти частицы удалены друг от друга. Добавим, что представление о нелокальности применимо не только к двум, но и к большему количеству частиц, однако случай с двумя частицами – наиболее простой и наглядный. Нелокальность как неотъемлемая черта квантового мира была продемонстрирована при экспериментальной проверке неравенств Белла, которые составлены так, чтобы не допускать пространственно разделенных взаимодействий частиц. Как показал эксперимент А. Аспекта 1982 г. и ряд последующих экспериментов, неравенства Белла нарушаются, что указывает на неотъемлемость нелокальности квантовых объектов. Нарушение неравенств Белла подтвердило ложность любых локальных теорий, в том числе локальной теории со скрытыми переменными, однако оно допускает нелокальные теории со скрытыми переменными.

Сам Дж.С. Белл, своим исследованием сделавший возможным экспериментальное открытие нелокальности, как уже было отмечено, поддерживал теорию Бома [11; 12], в отличие от ряда других известных физиков. Механика Бома полностью удовлетворяет условию нелокальности. Скорость, выраженная в руководящем уравнении любой частицы многочастичной квантовой системы, зависит от положения других, удаленных частиц всякий раз, когда волновая функция системы запутана. Другими словами, скорость не является произведением волновой функции одной частицы. Эта нелокальность возникает из волновой функции в конфигурационном пространстве, и она объединяет (или связывает) удаленные частицы в одну неразделимую реальность. Как указывает Ш. Голдштейн [15], нелокальность в механике Бома связана с понятием условной волновой функции, и лучше всего эта связь отражается в вариации мысленного эксперимента Эйнштейна – Подольского – Розена, предложенной Бомом еще в 1951 г. Суть этого эксперимента состо-

ит в том, что есть две частицы, проходящие через магнит, и после прохождения частицей 1 своего магнита, настроенного на определенный параметр, волновая функция частицы 2 приобретет собственное значение (иными словами, коллапсирует в единственное состояние, т.е. обретет условную волновую функцию) того параметра, на который был настроен магнит частицы 1. Это значит, что выбирая настройку отдаленных магнитов, можно определить вид собственного состояния частицы 2.

Д. Бом не отвергал особенности квантовых процессов и признавал традиционный квантовый формализм. Он определенно отдавал себе отчет в таких свойствах квантовых процессов и наблюдений за ними, как их вероятностный характер и неразрывная связь прибора и частицы, однако давал им совершенно иную, по сравнению с «копернагенцами», интерпретацию. Для него уже описанное выше явление нелокальности или даже целостность прибора и частицы были указанием на целостность и взаимосвязанность всех процессов. Прибор и частица взаимосвязаны, но, в отличие от Бора, не следует сводить их взаимосвязь к контексту прибора и экспериментатора, а надо рассматривать их в более широком контексте, в рамках более широкой системы, в переделе включающей всю Вселенную.

Помимо обвинения в возврате к классической картине мира, по отношению к теории Бома выдвигаются и другие возражения. В соответствии с принципом простоты, с тем, что не следует множить сущности без необходимости, возникает вопрос: не является ли добавочное уравнение Бома лишним? Однако формальная простота – дискуссионный принцип, главное, чтобы теория давала объяснение и понимание реальности. Х. Патнэм отмечает, что формула Бома элегантна [18] и, соответственно, она не является чем-то излишним, искусственным. К. Ровелли, автор собственной интерпретации квантовой механики, пишет: «Теория Бома нравится многим философам потому, что она дает концептуально ясную картину. Но она не нравится физикам, потому что любые попытки ее применения к более сложным задачам, чем случай одной-единственной частицы, приводят к нагромождению проблем» [7, с. 23]. В случае многих частиц возникает сложная, но решаемая проблема многих тел.

Кроме того, вопросы вызывают «сюрреалистические» траектории части бомовских волн, которые обладают импульсом, но «пусты», т.е. не несут частицы, и при этом при наложении влияют на

движение волн с частицами. На опыте эта «сюрреалистичность» состоит в том, что «в присутствии двоичных детекторов бомовские траектории частицы могут характеризоваться противоречивым поведением: они могут начинаться в одной щели, тогда как показания детекторов говорят о том, что частица прошла через другую щель» [1, с. 16]. Однако в отношении «сюрреалистичности» находятся в том числе экспериментальные пояснения и возражения: «траектории кажутся “сюрреалистическими” только в том случае, если игнорировать их явную нелокальность» [17].

Стоит уточнить, что в задачи данной работы не входит защита теории скрытых параметров, нам лишь важно показать, что это актуальный, конкурентоспособный подход.

Холизм и имплицитный порядок

Представления о нелокальности и взаимозависимости в квантовой теории выступают научной основой холистической метафизики Д. Бома. Идею целостности, или связанности «всего со всем», можно считать кратким выражением концепции имплицитного порядка, представление о котором будет в общих чертах рассмотрено ниже. Для нашей статьи выражение «философия имплицитного порядка» является скорее собирательным и обозначает аспекты разработанной Бомом в поздние годы жизни, многогранной концепции реальности, которые поддерживают и углубляют изложенную выше трактовку физических процессов, а также позволяют лучше вникнуть в мотивацию Бома относительно придания скрытым параметрам в квантовой теории именно такого оригинального, а порой и спорного характера. Особенности квантовой механики, а именно дискретность квантовых процессов, неотделимость наблюдаемого микрообъекта от прибора и тем более удаленные корреляции запутанных частиц, Бом рассматривает как прямо указывающие на фундаментальную целостность реальности, доступную для исследования человеком. Эти особенности, считает Бом, должны не полагать границу нашему исследованию, а побуждать к дальнейшим поискам для уточнения квантовой теории. Но для того чтобы это стало возможным, требуется иная точка зрения на реальность в целом, чем та, что выражена, в частности, копенгагенской интерпретацией.

Д. Бом характеризует доминирующую интерпретацию квантовой теории (так же как и современное научное мышление в целом)

как механистическую в том смысле, что она направлена прежде всего на разделение явлений и рассмотрение их как самостоятельных, независимых сущностей, связанных с другими явлениями чисто внешним способом. Несмотря на революцию в мышлении о внешнем мире, произведенную появлением квантовой механики, принесшей представление о фундаментально вероятностном характере процессов, о возможности корреляций микрочастиц на расстоянии, сам подход к науке и мышлению о Вселенной не изменился. Привычка разделять и фрагментарность мышления стали причиной ограниченного, упрощенного рассмотрения природы.

В традиционной интерпретации можно найти множество свидетельств такой фрагментарности: это и несогласованность двух состояний волновой функции, приводящая к проблеме измерения, и деление на наблюдаемое и ненаблюдаемое, ведущее к разделению самой реальности. Такого деления нет в физической теории Бома, и точно так же оно преодолено в философии имплицитного порядка. Без представления об имплицитном порядке, а также без уже рассмотренного представления о нелокальности есть риск действительно расценить физическую теорию Бома как возвращение к классическим принципам детерминизма и полной познаваемости и воспринять саму идею подобного пересмотра квантовой теории как наивное и упрощенное предприятие.

Философская позиция Бома состоит в представлении о реальности как о постоянно движущемся потоке моментов, сменяющих друг друга. По мысли Бома, всю Вселенную можно сравнить с огромной голограммой, а процесс непрерывной смены мгновений, в терминологии Бома, есть «голодвижение», где при всяком изменении сохраняется целостность реальности. Любые описываемые события, объект, сущность и т.д. являются абстракциями неизвестного и неопределимого процесса в глубинах реальности. Сколь глубоко ни развились бы наши знания, законы физики в любом случае будут лишь абстракциями, производными и относительно независимыми от реальности. Реальность представляет собой целостность, и познающий лишь абстрагирует определенный ее аспект. Однако важно помнить, что познаваемый объект является отдельным лишь абстрактно и его нельзя рассматривать в отрыве от неделимой целостности. «...Классическая идея разделения мира на отдельные, но взаимодействующие части больше не актуальна. Скорее, мы должны рассматривать Вселенную как неделимое и неразрывное целое.

Деление на частицы или на частицы и поля есть лишь грубая абстракция и приближение. Таким образом, мы приходим к порядку, радикально отличному от порядка Галилея и Ньютона – порядку неделимой целостности» [13, р. 158].

Порядок неделимой целостности характеризует то, что он является многомерным, обладает пространством большей размерности, чем привычная для нас трехмерная реальность. Эту неделимую целостность Бом также обозначает как тотальность. Все законы, управляющие неделимой целостностью, неизвестны и, вероятно, даже непознаваемы. Законы квантовой механики – лишь одни из них. Проявлениями, или аспектами, этой тотальности являются автономные, относительно независимые и стабильные субтотальности. Субтотальности, или сферы реальности, производные от единой неделимой целостности, познаемы. Каким образом происходит переход к субтотальности? Как отмечает У. Сигер, «Бом иногда использует аналогию с математической проекцией из пространств более высокой в пространства более низкой размерности» [19, р. 6]. Так, частицу следует рассматривать скорее как проекцию пространств высших измерений, более глубокого имплицитного порядка, чем как отдельную самодостаточную сущность.

Для пояснения проекции Бом использует аналогию рыбы в аквариуме, снимаемой телекамерами с двух разных углов. В телекамерах получается два изображения, но когда рыба движется, эти два двухмерных изображения трехмерной рыбы мгновенно и синхронно меняются. Их связь друг с другом напоминает нелокальную связь «запутанных» частиц на квантовом уровне. «Подобным образом, утверждает Бом, наш трехмерный мир – включая запутанные частицы в лаборатории – проявляется как проекция из еще более фундаментальной многомерной реальности» [18, с. 79]. Конечно, это лишь аналогия, которая, как известно из логики, не является надежным методом познания. Однако Бом приводит аргументы в пользу того, что два трехмерных, разделенных в пространстве, но нелокально взаимозависимых атома можно рассматривать как части единой молекулы в шестимерном пространстве. От себя добавим, что дополнительные измерения создают дополнительные связи между частицами, как бы объединяя их в единое целое.

Заключение

С точки зрения своей интерпретации и философских взглядов в целом Д. Бом был гораздо более радикален, чем «копернагенцы». Те стремились «вписать» квантовый мир в классический, адаптируя для этого понятия последнего, такие как частица и поле, что вкупе с опорой на эмпирию повлекло за собой ограничения в описании в виде принципа дополнительности, или зависимости от контекста, за которым теряется реальный процесс. Бом же видел в квантовой теории потенциал для переосмыслиения всей физики и жизни в целом, а подход «копернагенцев» ему представлялся механистическим, фрагментирующим реальность. Бом смотрел на квантовую теорию объективно и реалистически, подчеркивая реальность квантовых объектов и процессов. Более широкий, по сравнению с традиционной копернагенской интерпретацией, взгляд на квантовую теорию позволил Бому выйти за рамки дихотомии «доступное и недоступное наблюдению» и ввести понятие направляющего уравнения, ведущее к возможному преодолению сложностей квантовой теории с реалистической точки зрения. При этом, преодолевая дихотомию «доступное и недоступное наблюдению», Бом неявным образом вводит другую дихотомию: доступное и недоступное познанию. Скрытые параметры, отражающие состояние всей вселенной, неизвестны.

Главное и конструктивное отличие концепции Д. Бома от других интерпретаций состоит в «неделимой целостности», постулируемой как закон существования реальности. Неделимая целостность, или холизм, – это центральная идея научной метафизики Бома. В качестве ее эмпирического подтверждения выступают нелокальность и взаимозависимость частиц в квантовой физике. Теоретико-математические основы нелокальности поясняются Бомом через аналогию с синхронным изменением изображений – двухмерными проекциями трехмерной рыбы. В связи с многочисленными эмпирическими фактическими подтверждениями нелокальности можно во многом согласиться с Дж. Исмаэлем и Дж. Шафером, что вся квантовая физика в целом, несмотря на различные ее интерпретации, свидетельствует в пользу холизма, в пользу того, что нераздельность выступает основой бытия [16]. Однако при феноменалистской или инструменталистской интерпретации познания явление нелокальности будет истолковано ограниченно, субъективистски. Метафизика Бома – это последовательный реализм и холизм.

Частью целостной реальности является и сознание. Но стоит оговориться, что в данной статье сознание, а также такие предложенные Бомом понятия, как активная информация, «сома-значимости», не рассматривались, это будет предметом дальнейших исследований.

Литература

1. *Белинский А.В.* Неопровергнута ли интерпретация квантовой механики Дэвида Бома? // Вестник Московского университета. Сер. 3: Физика. Астрономия. 2018. № 4. С. 12–25.
2. *Бор Н.* Атомная физика и человеческое познание. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 151 с.
3. *Верхозин А.Н.* Интерпретация квантовой механики // Вестник Псковского государственного университета. Сер.: Экономика. Право. Управление. 2013. № 2. С. 231–246.
4. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 400 с.
5. *Менский М.Б.* Кvantовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов // Успехи физических наук. 2000. Т. 170, № 6. С. 631–6408.
6. *Приесь И.Е.* Контекстуальный квантовый реализм и другие интерпретации квантовой механики. М.: ЛЕНАНД, 2023. 304 с.
7. *Ровелли К.* Гельголанд. Красивая и странная квантовая физика. М.: Эксмо, 2020. 176 с.
8. *Севальников А.Ю.* Современное физическое познание: в поисках новой онтологии. М.: Изд-во ИФ РАН, 2003. 144 с.
9. *Эрекаев В.Д.* Бомовская механика и квантовая теория: оценка. Bohmian mechanics and quantum theory: An APPRAISAL / Ed. by Cushing J.T. e.a. – Dordrecht etc.: Kluwer, 1996. VIII, 403 P. (Boston studies in the philosophy of Science; Vol. 184). Библиогр. В конце отд. ст. // Социальные и гуманистические науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 3: Философия: Реферативный журнал. 2002. № 2. С. 77–88.
10. *Эрекаев В.Д.* Квантовая механика и современная философия: Онтология микромира и квантовое сознание. М.: URSS, 2023. 168 с.
11. *Bell J.* Against “measurement” // Physics World. 1990. Т. 3. № 8. С. 33.
12. *Bell J.S.* On the impossible pilot wave // Foundations of Physics. 1982. Vol. 12 (10). P. 989–999.
13. *Bohm D.* Wholeness and the Implicate Order. Routledge, 1980. 306 p.
14. *Bohm D., Healey B.J.* The Undivided Universe: An Ontological Interpretation of Quantum Theory. Routledge, 1993. 393 p.
15. *Goldstein Sh.* Bohmian Mechanics // The Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2021 Edition / Ed. by E.N. Zalta. URL: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/qm-bohm/> (дата обращения:).
16. *Ismael J., Schaffer J.* Quantum holism: Nonseparability as common ground // Synthese. 2016. URL;
17. *Mahler D.H. et al.* Experimental nonlocal and surreal Bohmian trajectories // Science advances. 2016. Vol. 2, No. 2. URL:

18. Putnam H. A philosopher looks at quantum mechanics (again) // British Journal for the Philosophy of Science. 2005. Vol. 56, No. 4. P. 615–634.
19. Seager W. The philosophical and scientific metaphysics of David Bohm // Entropy. 2018. Vol. 20, No. 7. P. 493.
20. *The Essential David Bohm* / Ed. by L. Nichol. Routledge, 2005. 360 p.

References

1. Belinsky, A.V. (2018). Neoproverzhima li interpretatsiya kvantovoy mekhaniki Devida Boma? [Is David Bohm's interpretation of quantum mechanics irrefutable?]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 3: Fizika. Astronomiya [Moscow University Bulletin. Series 3: Physics, Astronomy], 4, 12–25.
2. Bohr, N. (1961). Atomnaya fizika i chelovecheskoe poznanie [Atomic Physics and Human Knowledge]. Moscow, Inostrannaya Literatura Publ., 151. (In Russ.).
3. Verkhozin, A.N. (2013). Interpretatsiya kvantovoy mekhaniki [Interpretation of quantum mechanics]. Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Ekonomika. Pravo. Upravlenie [Bulletin of the Pskov State University. Series: Economy, Law, Management], 2, 231–246.
4. Heisenberg, W. (1989). Fizika i filosofiya. Chast i tseloe [Physics and Philosophy. Part and Whole]. Moscow, Nauka Publ., The main editorial of physical-mathematical literature, 400. (In Russ.).
5. Menskii, M.B. (2000). Kvantovaya mekhanika: novye eksperimenty, novye prilozheniya i novye formulirovki starykh voprosov [Quantum mechanics: new experiments, new applications, and new formulations of old questions]. Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances in Physical Sciences], Vol. 170, No. 6, 631–648.
6. Pris, I.E. (2023). Kontekstualnyy kvantovyy realizm i drugie interpretatsii kvantovoy mekhaniki [Contextual Quantum Realism and Other Interpretations of Quantum Mechanics]. Moscow, Lenand Publ., 304.
7. Rovelli, C. (2020). Gelingoland: Krasivaya i strannaya kvantovaya fizika [Hegeloland: The Strange and Beautiful Story of Quantum Physics]. Moscow, Eksmo Publ., 176. (In Russ.)
8. Sevalnikov, A.Yu. (2003). Sovremennoe fizicheskoe poznanie: v poiskakh novoy ontologii [Modern Physical Knowledge: In Search of a New Ontology]. Moscow, Institute of Philosophy RAS Publ., 144.
9. Erekaev, V.D. (2002). Bomovskaya mekhanika i kvantovaya teoriya: otsenka. Bohmian Mechanics and Quantum Theory: An Appraisal / Ed. by Cushing J.T. e.a. Dordrecht etc.: Kluwer, 1996. VIII, 403 p. (Boston Studies in the Philosophy of Science; Vol. 184). Bibliogr. V kontse otd. st. [A separate article at the end]. Sotsialnye i gumanitarnye nauki. Otechestvennaya i zarubezhnaya literatura. Ser. 3: Filosofiya: Referativnyy zhurnal [Social and Humanitarian Sciences. Domestic and Foreign Literature. Series 3: Philosophy: Journal of Abstracts], 2, 77–88.
10. Erekaev, V.D. (2023). Kvantovaya mekhanika i sovremennaya filosofiya: Ontologiya mikromira i kvantovoe soznanie [Quantum Mechanics and Modern Philosophy: Ontology of the Microworld and Quantum Consciousness]. Moscow, URSS Publ., 168.
11. Bell, J. (1990). Against “measurement”. Physics World, 3 (8), 33–41.
12. Bell, J. (1982). On the impossible pilot wave. Foundations of Physics, 12 (10), 989–999.
13. Bohm, D. (2005). Wholeness and the Implicate Order. Routledge, 306.

-
14. *Bohm, D., & B.J. Hiley.* (1993). The Undivided Universe: An Ontological Interpretation of Quantum Theory. Routledge, 393.
 15. *Goldstein, Sh.* (2021). Bohmian Mechanics. In: E.N. Zalta (Ed.). The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Available at: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/qm-bohm/>.
 16. *Ismael, J. & J. Schaffer.* (2020). Quantum holism: Nonseparability as common ground. *Synthese*, 197, 4131–4160. Available at: <https://jonathanschaffer.org/quantumholism.pdf>.
 17. *Mahler, D.H. et al.* (2016). Experimental nonlocal and surreal Bohmian trajectories. *Science Advances*, Vol. 2, No. 2. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4800001/>.
 18. *Putnam, H.* (2005). A philosopher looks at quantum mechanics (again). *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 56, No. 4, 615–634.
 19. *Seager, W.* (2018). The philosophical and scientific metaphysics of David Bohm. *Entropy*, Vol. 20, No.7, 61–74.
 20. *Nichol, L.* (Ed.). (2005). The Essential David Bohm. Routledge, 360.

Информация об авторах

Абрамов Петр Дмитриевич. Омский государственный университет путей сообщения, (644046, Омск, просп. Маркса, 35); Омский государственный медицинский университет (644099, Омск, ул. Некрасова, 5А).

pab87@yandex.ru

Некрасова Виталия Михайловна. Томский государственный университет (634028, Томск, просп. Ленина 36).

ronmatiss@gmail.com

Information about the authors

Abramov, Petr Dmitrievich (Omsk State Transport University, Omsk State Medical University (35, Marx Ave., Omsk, 644046, Russia)

Nekrasova, Vitalia Mikhailovna. Tomsk State University (36, Lenin Ave. Tomsk, 634028, Russia).

Дата поступления 01.09.2024