

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

А.С. Карпенко

В поисках реальности: Исчезновение

Карпенко Александр Степанович – доктор философских наук, профессор, заведующий сектором логики. Институт философии Российской академии наук. 119991, Российская федерация, Москва, ул. Волхонка, д. 14, стр. 5; e-mail: as.karpenko@gmail.com

Проблема реальности, которая обсуждается в статье, вызвана дискуссией о философских основаниях квантовой механики. Автор делает акцент на той стадии дискуссий, которую можно назвать пост-эйнштейновской и после-боровской. Большое внимание в статье уделяется проблеме нелокальности в квантовом мире, знаменитым неравенствам Белла и экспериментам Аспэ, сыгравшим важную роль в доказательстве преимущества копенгагенской интерпретации квантовой теории в ее споре с теориями, признающими необходимость введения так называемых скрытых параметров. Показывается, как феномены квантовой запутанности и нелокальности постепенно размывают классические представления о реальности. Но проблема оказывается гораздо сложнее, поскольку в многочисленных исследованиях ставится под сомнение строгое разделение духа и материи, и тогда на первый план выходит созидающая роль сознания. Констатируется, что все большее значение приобретает модальное, возможностное мышление, которое противостоит анти-реализму и выводит на арену «сверхреализм», требующий реализации в актуальность всего того, что мыслится как возможное. В итоге, знаменитое Декартово высказывание о существовании принимает следующий вид: «*Существовать – значит мыслить возможное*» («*Esse ergo cogitare possibilia*»).

Ключевые слова: реальность, ЭПР-парадокс, локальный реализм, неравенства Белла, нелокальность, запутанность, сознание, модальное мышление, сверхреализм

Мы ищем реальность, но что такое реальность?

Анри Пуанкаре (1905)¹

Казалось бы, объяснить, *что такое реальность*, очень просто. Да и объяснять ничего не надо, достаточно ударить ногой первый попавшийся камень. Вот тебе и реальность! Но проблема в том, что для мало-мальски пытливого ума эту очевидность реальности необходимо выразить в словах, лучше, в устоявшихся терминах, еще лучше – в виде элегантной системы физических уравнений, и, наконец, если повезет – в виде одного уравнения. Например: реальность создается массой благодаря бозону Хиггса (в том числе, наличествует масса и для меня), а масса есть энергия, и наоборот, энергия есть масса, т. е. $E = mc^2$. И делу конец!

От такой смелости, если не сказать наглости, вскипит разум даже у рядового обывателя. И это кипение выльется в целый ряд нелестных мыслей об авторе статьи и его весе², что в свою очередь приведет к *конденсату* мыслей, который энергетически аккумулируется в непреодолимое желание хоть немного разобраться в том, что такое реальность.

1. Реализм

Под реальностью обычно понимают то состояние вещей, в каком они существуют актуально, а не то, в каком они могут представляться или могут быть вообразимы³. Кроме этого, реалисты нагружают реальностью еще и теоретические термины, считая, что они могут обозначать реально существующие объекты, помогающие объяснить и понять излагаемую ими картину мира, хотя эти объекты и недоступны для непосредственного наблюдения. Последнее вызывает наибольшие возражения, поскольку касается сути *реализма*⁴, который является комбинацией утверждения об объективном существовании окружающего нас мира с утверждением о независимости этого существования от разума.

¹ Пуанкаре А. Ценность науки // Пуанкаре А. О науке. М., 1990. С. 213.

² На всякий случай заметим, *вес* и *масса* – разные понятия.

³ См. статью *Reality* в “Compact Oxford English Dictionary of Current English”, Oxford University Press, 2005.

⁴ См.: *Fine K. The question of realism // Philosopher’s Imprint. 2001. Vol. 1(1). P. 1–30; The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and Their Impact on the Issue of Scientific Realism / Eds.: E. Agazzi, M. Pauri. Dor-*

Поразительно, что эта довольно-таки простая и очевидная концепция вызвала невообразимый шквал критики, вплоть до полного неприятия и отторжения, в виде всевозможных анти-реалистических концепций и теорий, таких как позитивизм, концептуализм, дескриптивизм, конвенционализм, релятивизм, феноменализм, некоторые типы редукционизма, аналитический анти-реализм, инструментализм, постструктурализм, постмодернизм, конструктивизм и т. д. Общей чертой всех этих философских течений является утверждение, что теоретические построения никогда не могут быть истинными. Здесь редким исключением является книга Г. Висиона⁵, в которой критикуются такие видные представители анти-реализма, как М. Даммит, Х. Патнэм, Т. Кун и др. О противостоянии реалистов и анти-реалистов имеется значительная литература⁶. Вот как прокомментировал анти-реализм известный физик и космолог, один из пионеров в области квантовых вычислений Д. Дойч: «На протяжении XX в. анти-реализм стал почти общепризнанным течением среди философов и широко распространен-

drecht, 2000; Truth and Realism / Eds.: P. Greenough, M.P. Lynch. Oxford, 2006; Ghins M. Realism // INTERS – Interdisciplinary Encyclopedia of Religion and Science, 2009. [Electronic resource] URL: www.inters.org/realism (дата обращения: 08.04.2014); Miller A. Realism // The Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2010. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/realism/> (дата обращения: 24.08.2014). В первой из указанных работ излагаются концептуальные и методологические основания для изучения реализма с последующим переходом к метафизической концепции реальности.

⁵ Vision G. Modern Anti-realism and Manufactured Truth. L., 1988.

⁶ См.: Hale B. Realism and its oppositions // A Companion in the Philosophy of Language. Oxford, 1997. P. 271–308; Realism and Antirealism / Ed. W.P. Alston. N.Y., 2002; The Problem of Realism / Ed. M. Marsonet. Aldershot, 2002; Miller A. Realism and Antirealism // A Handbook of Philosophy of Language. Oxford, 2006. P. 983–1005; Broc S., Mares E. Realism and Anti-realism. Durham: Acumen, 2007; Фурцов А.А. Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. М., 2013. В.П. Алстон относит к анти-реалистам таких выдающихся интеллектуалов, как Ж. Деррида, М. Фуко, Р. Рорти, Т. Кун, Х. Патнэм, Н. Гудмен. Интересна дискуссия о реализме в литературе: «Коперниканский переворот в реализме давно совершился на практике, писатели отдают себе отчет в том, что реалистическая литература построена на живой связи человека и мира, а критики все продолжают думать, что реализм – это только когда о земле без людей» (курсив мой. – А.К.). См.: Морозов С. Реализм и история // Лит. Россия. 12.12.2014. № 50. С. 10.

ным среди ученых. Некоторые вообще отрицали существование физического мира, а большинство считало необходимым признать, что, даже если он существует, науке до него не добраться»⁷.

Ситуация усугубляется еще и тем, что наиболее успешная и плодотворная физическая теория за последние сто лет, а именно квантовая механика, благодаря которой и функционирует современная человеческая цивилизация, в интерпретации одного из своих создателей Н. Бора по сути является строго анти-реалистической теорией. Что она описывает, и описывает ли она вообще хоть какие-нибудь привычные элементы реальности – по сей день остается величайшей загадкой.

2. О чем спорили Эйнштейн и Бор

Спор двух великих ученых, один из которых создал физику макрокосмоса, а другой – физику микрокосмоса, был полон драматизма и порой доводил до отчаяния как А. Эйнштейна, так и Н. Бора⁸. Сердцевиной спора стал *принцип неопределенности*, открытый В. Гейзенбергом в 1927 г. и являющийся тем фундаментом, на котором покоится квантовая механика.

Согласно принципу неопределенности у элементарной частицы не могут быть одновременно точно измерены положение и импульс (количество движения)⁹. Например, чем точнее мы устанавливаем нахождение частицы, тем менее точно можем установить ее импульс в силу возмущения оказываемого на частицу при первом измерении. Отсюда следует, что квантовая механика не описывает реальность полностью, поскольку мы не можем получить полного знания о наблюдаемой системе, а значит, в принципе не можем знать настоящее в полной мере.

⁷ Дойч Д. Начало бесконечности: Объяснения, которые меняют мир. М., 2014. С. 392.

⁸ См.: Home D., Whitaker A. Einstein's Struggles with Quantum Theory: A Reappraisal. N.Y., 2007; Кумар М. Квант: Эйнштейн, Бор и великий спор о природе реальности. М., 2013.

⁹ Заметим, что неопределенность присуща статистической природе квантовой механики и не зависит от того, проводим мы измерения или нет. В своей общей форме принцип неопределенности применим к каждой паре *сопряженных переменных*, например, энергия квантовой системы и момент времени, в который она обладает этой энергией.

В итоге мы приходим к следующей фундаментальной дилемме: или (1) квантовая механика не способна предложить полное описание объективной реальности, или (2) объективная реальность просто не существует. Исторически (1) было мнением Эйнштейна, а (2) – Бора. Точка зрения, выраженная в (1), стала известна как «реализм», а точка зрения, выраженная в (2) как «Копенгагенская интерпретация»¹⁰. Главная задача, которую поставил перед собой Эйнштейн – защита *реализма* как такового.

2.1. ЭПР-аргументация

В 1935 выходит статья А. Эйнштейна, Б. Подольского и Н. Розена¹¹ (в дальнейшем – ЭПР), цель которой нанести сокрушительный удар по копенгагенской интерпретации квантовой механики. И это был наиболее серьезный вызов, брошенный основателям квантовой механики и страстно обсуждаемый до сих пор¹².

Эйнштейн признает, что квантовая механика является *правильной* физической теорией в силу согласованности с имеющимся на тот момент экспериментальным опытом. Но согласованности с экспериментами недостаточно – теория должна быть еще *полной*. ЭПР формулируют следующее необходимое условие полноты: «*Каждый элемент физической реальности должен иметь отражение в физической теории*»¹³. Эйнштейн не пытается определить, что такое *реальность*, считая такое определение ненужным для своих целей. В статье всего лишь приводится «разумный» критерий, позволяющий определить, что понимается под «элемен-

¹⁰ См.: *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. Изд. 2, испр. и доп. Долгопрудный, 2012. С. 140.

¹¹ *Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н.* Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным? // *Успехи физ. наук.* 1936. Т. 16(4). С. 440–446.

¹² См.: *Fine A.* The Einstein-Podolsky-Rosen argument in quantum theory // *Stanford Encyclopedia of Philosophy.* 2013. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/qt-epr/> (дата обращения: 14.08.2014).

¹³ *Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н.* Указ. соч. С. 440. Курсив в оригинале. Обратим внимание на то, что здесь английское “*counterpart*” переведено на русский как «*отражение*». Использован термин, очень распространенный в марксистско-ленинской философии того времени. В данном случае более подходящим переводом было бы «*аналог*».

том реальности»: «Если мы можем, без какого бы то ни было возмущения системы, предсказать с достоверностью (т. е. вероятностью, равной единице) значение некоторой физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой физической величине»¹⁴. Для подтверждения этого ЭПР предложили простой мысленный эксперимент, согласно которому можно получить более полную информацию о физической реальности, чем это допускает квантовая механика.

Пусть две частицы, образовавшиеся в результате распада третьей частицы, затем удаляются друг от друга в противоположных направлениях. Хотя принцип неопределенности не позволяет точно измерить и координату, и импульс любой из частиц, он допускает возможность точного измерения полного импульса данных частиц и относительного расстояния между ними. Поэтому, если импульс одной частицы измерен точно, то закон сохранения импульса позволяет опосредованно без возмущения второй частицы в точности определить и ее импульс. Теперь, измерив координату второй частицы, можно было бы получить для этой частицы значения двух неизмеримых одновременно величин, но по законам квантовой механики это невозможно. Таким образом, заключают ЭПР, частица имеет определенный импульс и координаты, но это противоречит тому, что утверждает сама квантовая механика. Отсюда следует, что согласно их мысленному эксперименту можно дать более полное описание физической реальности, чем это допускает теория квантовой механики. В итоге следует вывод, что квантовая механика *неполна*.

2.2. Локальный реализм

Аргументация ЭПР основывается на двух фундаментальных предположениях:

- 1) предположение о существовании объективной реальности, которое утверждает, что все тела обладают объективно существующими значениями своих характеристик;
- 2) предположение о *локальности* (близкодействии), которое утверждает, что происходящее в данной области пространства не может мгновенно повлиять на событие, происходящее в другом месте.

¹⁴ Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Указ. соч. С. 440–441.

Комбинация этих двух предположений составляет суть того, что называется «локальным реализмом». Например, существенной чертой и классической механики, и общей теории относительности является именно локальный реализм. Нарушение локальности Эйнштейн считал невозможным: «Никакое разумное определение реальности не должно, казалось бы, допускать этого»¹⁵.

Известно, какое шокирующее воздействие имела на Бора ЭПР-аргументация¹⁶. Только через шесть недель в этом же журнале и под таким же названием, как статья ЭПР, выходит статья Бора, где говорится, что «такого рода аргументация едва ли годится для того, чтобы подорвать надежность квантово-механического описания, основанного на стройной математической теории, которая автоматически охватывает *все случаи измерения*, подобные указанному»¹⁷ (курсив мой. — А.К.). Для Бора важной была критика того, что понимается под «элементом реальности». Ведь суть копенгагенской интерпретации в том, что до измерения частица не существует ни в каком реальном состоянии и свойств у нее нет. Но главное, измерение состояния одной частицы каким-то образом «мгновенно» влияет на состояние другой частицы. Правда, как это происходит, Бор не поясняет.

Его окончательный вывод заключается в том, что из невозможности проведения резкого разграничения между независимым поведением квантовых объектов и их взаимодействием с измеряющим прибором следует «необходимость окончательного отказа от классического идеала причинности и радикальный пересмотр наших взглядов на проблему физической реальности»¹⁸. Решение этой проблемы видится Бору чисто позитивистски: «Квантового

¹⁵ Там же. С. 446. В оригинале: “No reasonable definition of reality could be expected to permit this”. Более адекватный перевод без всякого «казалось бы» следующий: «Нельзя ожидать, что можно дать какое-либо разумное определение реальности, допускающее такую возможность» (см.: *Кумар М.* Указ. соч. С. 395).

¹⁶ См.: *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Указ. соч. С. 142; *Кумар М.* Указ. соч. С. 397.

¹⁷ *Бор Н.* Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным? // *Успехи физ. наук.* 1936. Т. 16(4). С. 447.

¹⁸ Там же. С. 447. Заметим, что в сборнике, посвященном 70-летию Эйнштейна, Бор пишет, что ответ его не был таким ясным, как ему хотелось бы. Тем не менее в этой статье Бор перепечатывает без изменения большой абзац с приведенной мною цитатой. См.: *Бор Н.* Дискуссии с Эйнштейном о проблемах теории познания в атомной физике // *Успехи физ. наук.* 1958. Т. LXVI(4). С. 586.

мира нет. Есть только абстрактное квантово-механическое описание. Неправильно думать, что задача физики состоит в том, чтобы установить, что собой *представляет* природа. Физику беспокоит то, что мы можем сказать о природе»¹⁹.

Видя, что копенгагенская интерпретация квантовой механики получает все большее признание, Эйнштейн в письме к М. Борну от 3 марта 1947 г. пишет: «Физика должна изображать реальность в пространстве и во времени; в ней нет места мистическому воздействию на расстоянии»²⁰. После этого в 1948 г. выходит статья Эйнштейна в защиту локального реализма: «Полное упразднение этого основного положения сделало бы невозможной идею о существовании (квази-) замкнутых систем и вместе с тем установление эмпирически проверяемых законов в привычном для нас смысле»²¹. Наконец, в следующем году выходят его «Автобиографические заметки», где происходит окончательный разрыв с Бором: «Но *одно* предположение представляется мне бесспорным. Реальное положение вещей (состояние) системы S_2 не зависит от того, что продельывают с пространственно отделенной от нее системой S_1 »²². Иначе, добавляет Эйнштейн, «или надо предположить, что измерение над S_1 изменяет (телепатически) реальное состояние S_2 , или же надо отрицать, что вещи, пространственно отделенные друг от друга, вообще могут иметь независимые реальные состояния. То и другое представляется мне совершенно неприемлемым».

До конца жизни Эйнштейн веровал в локальный реализм, и для него это был не просто научный принцип, а основа научного осмысления картины мира.

Сейчас, глядя на дискуссию вокруг статьи Эйнштейна, Розена и Подольского о неполноте квантовой механики, отчетливо видно, что основная проблема заключается не в дихотомии: *полнота – неполнота*, а в более фундаментальном различии: *локальность – нелокальность*.

¹⁹ См.: Peterson A. The philosophy of Niels Bohr // Bulletin of the Atomic Scientists. 1963. Vol. 19(7). P. 12.

²⁰ Цит. по: Кумар М. Указ. соч. С. 402.

²¹ Эйнштейн А. Квантовая механика и действительность // Эйнштейн А. Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 3. М., 1966. С. 614.

²² Эйнштейн А. Автобиографические заметки // Эйнштейн А. Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 4. М., 1967. С. 290.

3. Нелокальность

ЭПР не утверждали, что можно *одновременно* измерить импульс и координату частицы, и нанести этим сокрушительный удар по принципу неопределенности, а значит, и по всей квантовой механике²³. Этого в статье нет. Они лишь утверждали, что вопреки принципу неопределенности, на самом деле, частицы всегда обладают определенными характеристиками, которые соответствуют элементам физической реальности и определяют результаты эксперимента, но их точные значения скрыты от наблюдателя. Такие характеристики называются *скрытыми параметрами*, и если квантовую теорию дополнить еще теорией скрытых параметров, то мы получим искомую полную теорию, в которой элиминируется случайность и в полной мере восстанавливается разумность происходящего, т. е. причинность. В результате от статистического описания микрообъектов, поведение которых подчиняется законам распределения вероятностей по величинам, мы приходим к динамическим закономерностям, которые однозначно связывают сами физические величины, а не их статистические распределения. В этом случае неполнота указывала бы на некоторый скрытый уровень реальности, а сами скрытые параметры требуются «для того, чтобы восстановить не зависящую от наблюдателя объективную реальность»²⁴.

Кроме этого ЭПР утверждают совсем простую вещь: если частицы после взаимодействия разделены между собой, то, измеряя параметры одной частицы, мы ни в коей мере не нарушаем «покой» другой частицы. В реальном мире классической физики разделенность (сепарабельность) означает независимость. Такая независимость гарантируется пределом скорости света и никакого мгновенного дальнего действия не существует – это абсурд. Существуют лишь корреляции между частицами, например, в силу законов сохранения, как это описано в ЭПР-аргументе. Да, соглашается копенгагенская интерпретация, корреляции существуют, но они имеют качественно иной характер. А именно, результат обретения параметров (которые до измерения не существовали) одной части-

²³ Все предыдущие попытки Эйнштейна сделать это были успешно отбиты Бором.

²⁴ Кумар М. Указ. соч. С. 434.

цей каким-то непостижимым образом мгновенно влияет на обретение параметров второй частицей, хотя эти частицы разделены друг от друга.

Размышляя в том же 1935 г. над подобной взаимозависимостью двух систем, Шредингер вводит понятие «запутанности»²⁵. Под запутанностью понималось квантово-механическое явление, при котором квантовое состояние двух или большего числа объектов описывается в неразделимой взаимосвязи друг с другом, даже если эти объекты разнесены в пространстве на неопределенно большие расстояния! В силу чего принцип локальности (близкодействия) должен нарушаться, т. е. мы имеем дело с *нелокальными* воздействиями. Но как это доказать?

Итак, у нас две теории: квантовой механики, безусловно работающей, при том что основания ее вызывают непонимание и даже растерянность, и эта же теория, доведенная «до ума» посредством теории скрытых параметров и возвращающая нам классическую реальность.

Еще в 1932 г. выдающийся математик и физик Дж. фон Нейман опубликовал на немецком языке книгу, в которой впервые обсуждалась возможность того, как с помощью скрытых параметров воспроизвести экспериментально результаты, получаемые квантовой механикой²⁶. В этой работе приводится доказательство *невозможности* подобного расширения квантовой теории, и авторитет фон Неймана был столь велик, что долгое время никому даже в голову не приходила мысль, что он мог ошибаться. Работа фон Неймана несомненно консолидировала сторонников копенгагенской интерпретации.

Первым, кто усомнился, хотя и не нашел ошибки в доказательстве фон Неймана, был Д. Бом (ученик Р. Оппенгеймера), предложивший в 1952 г. теорию со скрытыми параметрами²⁷. Он представил ее Эйнштейну, вместе с которым одно время работал в Принстонском университете, но Эйнштейн, вначале поддержавший Бому, отнесся к этой теории прохладно, увидев, что она имеет существенно *нелокальный* характер.

²⁵ Англ. *entanglement* – сцепленность, перепутанность.

²⁶ Нейман Дж. Математические основы квантовой механики. М., 1964.

²⁷ См.: Бом Д. О возможности интерпретации квантовой механики на основе представлений о «скрытых» параметрах // Вопросы причинности в квантовой механике. М., 1955. С. 34–85.

4. Неравенства Белла

Ограниченная применимость теоремы фон Неймана была обнаружена молодым ирландским физиком Дж. Беллом в 1963 г., а в следующем году в статье под названием «О парадоксе Эйнштейна – Подольского – Розена»²⁸ Белл опубликовал теорему, которая считается наиболее значимым результатом в квантовой механике со времени окончательного оформления ее математического аппарата в 1927 г. Поскольку доказательства невозможности теории локальных скрытых переменных нет²⁹, а есть указанная работа Эйнштейна, Подольского, Розена и работа Бома, то ничто нам не мешает предположить (*контрфактуально*), что такая теория существует и поэтому могла бы иметь следствия, которые можно проверить экспериментально! Белл показал, что в квантовом мире уровень корреляций больше, чем в мире основанном на скрытых параметрах и локальности. При этом был определен интервал, в который попадает функция от коэффициентов корреляции двух частиц в любой теории с локальными скрытыми параметрами. Таким образом, для данного случая имеются четко определенные *неравенства*, линейные комбинации измеряемых физических величин. Однако стандартная квантовая механика предсказывает другой результат, нарушающий полученные неравенства. В этом случае остается провести реальный эксперимент и сравнить его результаты с предсказаниями двух теорий. Вскоре технические возможности позволили мысленный ЭПР-эксперимент (в формулировке Бома) перевести в статус реальности. Самым поразительным оказалось то, что впервые в науке чисто философский спор, принявший довольно-таки резкую форму, теперь можно было разрешить исключительно экспериментальным путем.

И такие эксперименты стали проводиться начиная с 1972 г. Однако только через 10 лет А. Аспе и его сотрудниками было убедительно показано, что расчет вероятностей различных результа-

²⁸ Bell J.S. Speakable and Unspeakeable in Quantum Mechanics. N.Y., 1987.

²⁹ Как выяснилось, доказательство фон Неймана основывалось на предположении верном для линейной теории, каковой является квантовая механика: если две физические величины не могут иметь одновременно определенных значений, то можно лишь утверждать, что среднее значение суммы этих величин равно сумме их средних величин. Однако гипотетическая теория скрытых параметров не обязательно должна быть линейной.

тов измерения по законам квантовой механики приводит к нарушению неравенств Белла³⁰. Это означало, что наши представления о реальности не соответствуют квантовой действительности.

Неравенства Белла основываются всего лишь на двух предпосылках: (1) *реальность*, хотя и скрытая, существует независимо от наблюдателя, т. е. измерение выявляет элемент объективной реальности; (2) взаимодействие между любыми объектами *локально*, т. е. не существует мгновенного дальнего действия. Нарушение неравенств Белла требует, чтобы одна из этих предпосылок была отброшена³¹. Принимая реализм, мы должны отбросить локальность, что имеет далеко идущие следствия. После теорем Геделя о неполноте (1931) еще ни один математический результат так широко не обсуждался, как теорема Белла³².

³⁰ Об экспериментах Аспе и соответствующих выводах см.: *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Указ. соч. С. 174–178.

³¹ Некоторые авторы полагают, что на самом деле вывод неравенств Белла основывается на следующих двух предпосылках: локальность и *контрфактуальная определенность* (КФО). Последнее означает, что используются гипотезы вида: *если бы было А, то было бы В*. КФО определяется как способность допускать существование объектов и свойств объектов до того, как было проведено измерение. Г. Стэп, ученик В. Паули и сотрудник В. Гейзберга, еще в 1971 г. ввел КФО для анализа ЭПР-парадокса, утверждая, что нелокальность квантовой механики может быть доказана без предположения «реальности» (см. подробно об этом в: *Вайдман Л.* Контрфактуальность в квантовой механике. 2010. [Электронный ресурс] URL: <http://milkywaycenter.com/everettica/SVor050614.pdf> (дата обращения: 15.01.2015). С моей точки зрения, замена предпосылки «реальность» на КФО является очень интересной.

³² Первые итоги подведены в сборниках статей: **Bell's Theorem, Quantum Theory and Conceptions of the Universe** / Ed. *M. Kafatos*. Dordrecht, 1989 (2nd. ed. 2010); *Philosophical Consequences of Quantum Theory: Reflections on Bell's Theorem* / Eds. *J.T. Cushing, E. McMullin*. University of Notre Dame Press, 1989. История, эксперименты и философские следствия см. в *обстоятельной статье* А. Шимони, одного из первых экспериментаторов по проверке неравенств Белла: *Shimony A.* Bell's Theorem // *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2009. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/bell-theorem/#> (дата обращения: 12.11.2014). См. также аналитический обзор: *Horodecki R. et al.* Quantum entanglement // *Review of Modern Physics*. 2009. Vol. 81. P. 865–942. Из недавних работ см.: *Hemnick D.L., Shakur A.M.* Bell's Theorem and Quantum Realism: Reassessment in Light of the Schrödinger paradox. Springer, 2012; *Jaeger G.* Quantum Objects: Non-Local Correlation, Causality and Objective Indefiniteness in the Quantum World. Heidelberg, 2014. Работы о неравенствах Белла стали появляться и на русском языке: *Аришинов В.И.* Проблема интерпретации квантовой механики и теорема Белла // Теоретическое и эмпирическое в со-

Вывод о квантовой нелокальности, вследствие нарушений неравенств Белла, является подтверждением *квантовой запутанности*. Чтобы хоть немного осознать, что это такое, Б. Грин уподобляет пару запутанных частиц «паре магических игральные костей, одна из которых бросается в Атлантик-Сити, а другая – в Лас-Вегасе; на каждой из игральные костей *случайным образом* выпадает то или иное число, но эти числа непостижимым образом оказываются равными. Запутанные частицы действуют аналогично, за исключением того, что им не нужна магия»³³. Например, можно приготовить пару фотонов, находящиеся в запутанном состоянии, и тогда, если одна частица измерена в состоянии со спином, направленным «вверх», то спин другой оказывается направленным «вниз» и наоборот. Обнаружение того, какое направление приобретет частица – событие сугубо вероятностное. За мгновение до этого фотон *A* не знает, какую характеристику он примет. Но проявление фотона *A* в состоянии «вверх» мгновенно передается фотону *B*, и теперь фотон *B* знает, что он должен быть в состоянии «вниз». И эта связь не зависит ни от расстояния, ни от времени. Вот здесь-то магия и начинается, поскольку в отличие от игральные костей, неоднократно подтвержденное чудо вызывает еще большее изумление. В результате реальность становится все более таинственной.

Имеется большой пласт литературы, посвященный «квантовой магии», основания для которой дали сами основатели квантовой механики и в первую очередь Гейзенберг, Паули и другие физики³⁴. Долгое время точек соприкосновения между научным рационализмом и традиционными восточными учениями не было, да и быть

временном научном познании. М., 1984. С. 213–233; Гриб А.А. Неравенства Белла и экспериментальная проверка квантовых корреляций на макроскопических расстояниях // Успехи физ. наук. 1984. Т. 142(4). С. 619–634; Спаский Б.И., Московский А.В. О нелокальности в квантовой физике // Успехи физических наук. 1984. Т. 142(4). С. 599–617; Белинский А.В. Квантовая нелокальность и отсутствие априорных значений измеряемых величин в экспериментах с фотонами // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173(8). С. 905–909. См. также: Янчилин В.Л. Квантовая нелокальность. М., 2010.

³³ Грин Б. Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. 3-е изд. М., 2015. С. 125.

³⁴ См.: Quantum Questions: Mystical Writings of the World's Great Physicists / Eds. K. Wilber. Shambhala Publication, 1984 (rev. ed. 2001).

не могло. Действительно, мало кого из ученых мог прельстить путь предельно трудного самоусовершенствования и максимального очищения сознания, чтобы на этом пути достичь, наконец, просветления Будды, а на вершине блаженства вдруг осознать, что Будды-то на самом деле нет, *ничего нет, и поэтому есть все*. Тем не менее я сошлюсь на несколько интересных книг, написанных физиками, поддавшимися обаянию эзотерической философии и магии неравенств Белла³⁵. Научная проблема существует, и заключается она в том, чтобы найти то общее, что *может* связывать квантовый мир и ментальный мир человека.

Напомню, что нелокальность предполагает мгновенное дальное действие, но это не противоречит постулату специальной теории относительности о пределе скорости света. Дело в том, что феномен нелокальности и квантового запутывания невозможно использовать для мгновенной передачи информации из одного места в другое. Если совсем кратко, то дело в том, что измерение свойств одной из перепутанных частиц приводит к абсолютно случайному непредсказуемому результату³⁶. Заметим, что световой барьер имеет отношение только к материальным объектам и процессам в *реальном* пространстве и времени. Что происходит на самом деле в «запутанном» квантовом мире, в каком пространстве и каком времени – неизвестно. По крайней мере, все говорит об исчезновении *там* нашего обычного трехмерного пространства, а в силу мгновенности квантовых взаимодействий происходит также исчезновение *там* и нашего обычного разделения времени на прошлое, настоящее и будущее.

³⁵ Большую известность приобрела книга Ф. Капра (1975), переведенная на многие языки, и вышедшая недавно с новым предисловием автора: *Capra F. The Tao of Physics: An Exploration of the Parallels Between Modern Physics and Eastern Mysticism*. Shambhala Publications, 2010 (5th ed. updated). См. перевод на русский язык предыдущего издания: *Капра Ф. Дао физики*. СПб., 2008. Еще большего внимания заслуживает книга: *Smetham G. Quantum Buddhism: Dancing in Emptiness – Reality Revealed at the Interface of Quantum Physics and Buddhist Philosophy*. Brighton, 2010. Следует также сослаться на книгу: *Запечный М. Невидимая глубина Вселенной: Квантово-мистическая картина мира, структура реальности, путь человека*. СПб., 2009.

³⁶ Довольно-таки не простой проблеме совместимости нелокальности со специальной теорией относительности посвящена книга Т. Модлина, изданная в 1994 г. См.: *Maudlin T. Quantum Non-Locality and Relativity: Metaphysical Intimations of Modern Physics*. 3rd ed. with new chapter. Wiley-Blackwell, 2011.

В разделе «Краткое обсуждение квантовой нелокальности» Гринштейн и Зайонц подчеркивают: «Если мы готовы воспринять квантовую механику всерьез, как науку, выдвигающую некие утверждения о реальном мире, тогда мы должны кардинально изменить наши представления об этом мире. Мы должны признать, что за миром объектов, кажущихся независимыми, скрывается царство перепутанных состояний, в котором простые понятия причинности и локальности больше не применимы. Мы можем не замечать тесную связь, обычную для этого уровня существования, но, независимо от нашей слепоты, она существует»³⁷.

А как же быть с исходной дискуссией о полноте/неполноте квантовой механики?³⁸ Кумар полагает, что «с помощью теоремы Белла нельзя решить, полна ли квантовая механика. Можно сделать только выбор между нею и какой-либо теорией со скрытыми параметрами»³⁹. Однако возможен другой подход к этой проблеме, высказанный А.В. Никуловым в дополнении к книге Дж. Гринштейна и А. Зайонца и который, по моему мнению, больше соответствует действительности: «Отсутствие реальности не означает, что утверждение ЭПР о неполноте квантового описания физической реальности является неверным. Оно означает, что квантовая механика является полной теорией только из-за отсутствия реальности»⁴⁰. То есть, другими словами, квантовая механика описывает нелокальную микрореальность, и в этом описании она полна. То же самое мы можем сказать и о теории относительности Эйнштейна, которая описывает локальную макрореальность, и в этом значении она полна. Тогда фундаментальная проблема состоит в том, чтобы объединить эти две полные теории так, чтобы они работали вместе. Для их объединения явно не хватает чего-то очень важного, какого-то неуловимого субстрата и это, конечно, связано с тем, чем на самом деле является реальность. Характеристики полноты каждой из этих теорий настолько различны, что совместить их в одну единую теорию оказалось невозможно для

³⁷ Гринштейн Дж., Зайонц А. Указ. соч. С. 200–201.

³⁸ Это вопрос в контексте нелокального реализма обсуждается в книге: Redhead M. Incompleteness, Nonlocality, and Realism: A Prolegomenon to the Philosophy of Quantum Mechanic. Oxford, 1987.

³⁹ Кумар М. Указ. соч. С. 454.

⁴⁰ Гринштейн Дж., Зайонц А. Указ. соч. С. 388.

самого Эйнштейна, хотя он потратил на это много лет. Не удалось это и многим другим великим физикам, пытавшимся и поныне пытающимся построить квантовую теорию гравитации или нечто другое, часто называемое «теорией всего». Можно подумать, что взаимодействие этих двух уровней реальности находится за пределами человеческого разума.

К этому выводу мы приходим, если будем следовать декартовской парадигме о строгом разделении духа от материи, против которого возражал Гейзенберг, говоря, что «это разделение проникло глубоко в человеческое мышление в течение трех столетий после Декарта, и оно еще долго будет существовать – до тех пор, пока не возникнет новое понимание проблемы реальности»⁴¹. Неизвестно, какую длительность вкладывал Гейзенберг в слово «долго», но новое понимание проблемы реальности уже наступило! А если быть более точным, все более проявляется новое мышление, способное решить проблему реальности.

Но этот разговор нас ждет впереди, а сейчас – об исчезновении реальности.

5. Против реальности

Все более и более детальные эксперименты по проверке неравенств Белла еще в большей степени подтвердили выводы о необычности и трудной осознаваемости квантового мира. В 2000 г. группой А. Цайлингера впервые был проведен эксперимент на более чем двух фотонах⁴², а в 2010 г. появилась статья⁴³ о проведении экспериментов с расстоянием между детекторами в 144 км. При этом нарушение локальности означало опровержение максимально большого класса детерминистических теорий, если только, например, не допустить такую экзотическую теорию, как путешествие во времени и производство там некоторых действий.

⁴¹ Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989. С. 43.

⁴² Более строгий эксперимент описан в: Erven C. et al. Experimental three-photon quantum nonlocality under strict locality conditions // Nature Photonics. 2014. Vol. 8. P. 292–296.

⁴³ Scheidl T. et al. Violation of local realism with freedom of choice // PNAS. 2010. Vol. 107(46). P. 19708–19713.

Наконец, было показано⁴⁴, что исключается возможность любого расширения квантовой теории (не обязательно в виде локальных скрытых параметров), которое улучшало бы результаты измерения предсказываемые самой квантовой теорией. Таким образом, при допущении, что исходные условия для измерения могут выбираться свободно, квантовая теория в действительности является *полной*.

Заметим, что чаще всего в проводимых экспериментах с запутанными частицами использовались фотоны. Это объясняется относительной простотой приготовления запутанных фотонов и их передачей в детекторы. Но фотон является безмассовой нейтральной частицей, т. е. с нулевой массой покоя. Еще в 1923 г. Луи де Бройлем была высказана научно обоснованная гипотеза о том, что установленный ранее для фотонов корпускулярно-волновой дуализм присущ всем частицам. В 1927 г. это получило экспериментальное подтверждение, когда К. Дэвис и Д. Джермер обнаружили дифракцию электронов. Вместе с ними в 1929 г. де Бройль получил Нобелевскую премию «за открытие волновой природы электрона». Но только в 2010 г. были получены и исследованы запутанные квантовые состояния электронов, т. е. частиц с массой.

Эйнштейн даже не подозревал, насколько он прав, когда в часто цитируемом письме к Шредингеру от 22 декабря 1950 г. писал: «Дорогой Шредингер, Вы являетесь единственным из современных физиков <...>, который понимает, что невозможно обойти вопрос об объективной реальности, если только быть честным. Большинство из них просто не понимают, какую рискованную игру ведут они с понятием реальности – как существующей независимо от того, что установлено экспериментально»⁴⁵. Эта игра и впрямь оказалась рискованной, в итоге она привела к подкрепленным экспериментами утверждениям о нереальности *макроскопических* объектов!

В 2003 г. появились новые неравенства, получившие название «неравенства Леггетта»⁴⁶. Их нарушение означало несовместимость нелокальных теорий со скрытыми параметрами и квантово-

⁴⁴ Colbeck R., Renner R. No extension of quantum theory can have improved predictive power // Nature Communications. 2011. Vol. 2(8). P. 1–5.

⁴⁵ Цит. по: Мамчур Е.А. Объективность науки и релятивизм: (К дискуссиям в современной эпистемологии). М., 2004. С. 231.

⁴⁶ Leggett A.J. Nonlocal hidden-variable theories and quantum mechanics: An incompatibility theorem // Foundation of Physics. 2003. Vol. 33(10). P. 1469–1493.
А еще ранее была опубликована статья, противопоставляющая квантовую ме-

го реализма. В этом же году Э. Дж. Леггетту была присуждена нобелевская премия за работы по исследованию квантовых свойств жидкого гелия.

Напомним, нарушение неравенств Белла ничего не говорило о том, какое из допущений: локальность или реализм – не согласуется с квантовой теорией. В итоге смирились с тем, что реальность может быть нелокальной. Теперь же речь шла о несовместимости нелокальности с объективной реальностью. Нашумевший эксперимент по проверке неравенства Леггетта показал, что реализм более проблематичен, чем локальность⁴⁷. Поэтому недостаточно просто отбросить допущение о локальности, чтобы квантовая механика была более полной. Нужно ограничить, если не отбросить, наши естественные интуиции о реальности и даже ту, которая говорит, что реальность существует, когда мы ее не наблюдаем. Это напрямую ведет к пониманию реальности, как зависящей от сознания. Заметим, что этот вывод все более часто появляется особенно у западных ученых, не отягощенных долгой историей материалистического видения мира. Все это завораживает и интригует. В крайнем своем выражении утверждается, что существование мира зависит напрямую от существования человека.

В этой связи уже не вызывают удивления статьи в солидных научных изданиях об отсутствии Луны⁴⁸. Вопрос о Луне был задан Эйнштейном своему молодому коллеге А. Пайсу, когда они возвращались из университета: «Действительно ли тот думает, что Луна не существует, когда он на нее не смотрит?». Конечно, мало кто сомневается в реальности существования Луны. Но есть проблема, и она связана с тем, что «нигде в законах квантовой механики не содержится утверждения, что уравнение Шредингера примени-

ханию и макроскопический реализм: *Leggett A.J., Garg A.* Quantum mechanics versus macroscopic realism: is the flux there when nobody looks? // *Physical Review Letters*. 1985. Vol. 54. P. 857–860. Уже здесь начались формулироваться новые неравенства.

⁴⁷ См.: *Gröblacher S. et al.* An experimental test of non-local realism // *Nature*. 2007. Vol. 446. P. 871–875.

⁴⁸ См.: *Mermin D.* Is the moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory // *Physics Today*. 1985. Vol. 38. P. 38–47; *Moij J.E.* Quantum mechanics: No moon there // *Nature Physics*. 2010. Vol. 6. P. 401–402; *Сонг Д.* Луна Эйнштейна // *Успехи физ. наук*. 2012. Т. 182(9). С. 1013–1014.

мо только к микроскопическим объектам. Согласно ее принципам уравнение Шредингера должно быть применимо к котам и бейсбольным мячам так же, как и к электронам»⁴⁹.

А поскольку стали возникать утверждения о состоянии квантовой суперпозиции макроскопических состояний, например, в сверхпроводящем кольце, то указанная проблема становится серьезной. В 2006 г. было сообщено о наблюдении интерференционной картины для капельки силиконового масла диаметром в 1 миллиметр, что в 10 миллионов раз больше атома⁵⁰. Все новые и новые открытия макроскопических аналогов для квантовых эффектов стали происходить ежегодно. И теперь главным становится следующее: можно ли определить тот макроскопический уровень, дальше которого законы квантовой механики не работают? Или такого разделения на уровни нет? Как пишет Д. Сонг, «если мы предполагаем, что Луна подчиняется квантовой теории, а также признаем наличие уникального свойства сознания, то, каким бы странным и противоречащим интуитивным представлениям это ни казалось, Луна не может существовать отдельно от нашего собственного существования»⁵¹.

⁴⁹ *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Указ. соч. С. 207. Здесь «коты» появляются не случайно. В 1935 г. Э. Шредингер предложил мысленный эксперимент, указывающий на парадоксальность квантовой механики. Суть эксперимента в следующем. В закрытый ящик помещен кот, а также механизм, содержащий радиоактивное ядро и емкость с ядовитым газом. Вероятность того, что ядро распадется за 1 час, составляет 50 %. Если ядро распадается, оно приводит механизм в действие, он открывает емкость с газом, и кот умирает. Парадокс заключается в том, что согласно квантовой механике если над ядром не производят наблюдение, то его состояние описывается суперпозицией (смешением) двух состояний – распавшегося ядра и нераспавшегося ядра. Тогда кот, сидящий в ящике, и жив, и мертв одновременно. Однако если открыть ящик, то можно убедиться, что кот находится в одном конкретном состоянии: он или жив, или мертв. Но кот, как и всякая квантовая система, должен характеризоваться суперпозицией состояний. По мнению Шредингера этот парадокс говорит о неполноте квантовой теории, поскольку она не уточняет, при каких условиях кот перестает быть в суперпозиции и оказывается либо живым, либо мертвым. А это значит, что реальность описывается не до конца. Добавим только, что «кот Шредингера» уже давно стал элементом массовой культуры.

⁵⁰ *Couder Y., Fort E.* Single particle diffraction and interference at a macroscopic scale // *Physical Review Letters*. 2006. Vol. 97(15): 154101.

⁵¹ *Сонг Д.* Указ. соч. С. 1014.

6. Проблема измерений и сознание

Как отмечают авторы книги «Квантовый вызов», «ничто не вызывает столь большого противоречия среди физиков, исследующих основы квантовой механики, как само понятие измерения»⁵².

Под измерением понимается возможность наблюдателя получить информацию о состоянии системы путем проведения физического эксперимента. Поведение квантового объекта в точности описывается волновой функцией Шредингера, содержащей *все возможные состояния* системы (или, согласно формализму, Р. Фейнмана, микробиъект движется одновременно по всем возможным траекториям!). Но при копенгагенской интерпретации в момент проведения эксперимента волновая функция коллапсирует только в одно вероятностно предсказуемое состояние, тем самым осуществляя вероятностный переход из квантового мира в мир классический. Коллапс волновой функции только *постулируется*, но никак не описывается и не объясняется уравнениями квантовой механики.

В процессе измерения происходит тесное взаимодействие между прибором и объектом наблюдения. Важная роль наблюдателя при измерении признавалась если не всеми, то почти всеми создателями квантовой механики, включая Н. Бора, В. Гейзенберга, В. Паули и особенно фон Неймана, который в 1932 г. пришел к выводу, что в итоге совсем несущественно, что мы будем понимать под «наблюдателем»: детектор или человеческий мозг⁵³. В свою очередь, Ф. Лондон и Е. Бауэр, опираясь на фон Неймана, пошли еще дальше и в 1939 г. заявили, что именно человеческое сознание делает полным квантовое измерение⁵⁴. Анализируя проблему измерения, известный физик В. Гайтлер, сменивший в 1946 г. Шредингера на посту директора Школы теоретической физики, утверждает, что после возникновения квантовой механики «нельзя более поддерживать разделения мира на “объективную реальность вне нас” и “нас”, осознающих себя сторонних наблюдателей. Субъект

⁵² Гринштейн Дж., Зайонц А. Указ. соч. С. 233.

⁵³ Нейман И. Математические основы квантовой механики. М., 1964. Гл. V. 1.

⁵⁴ См. перевод с французского с добавлением новой главы: London F., Bauer E. The theory of observation in quantum mechanics // Quantum Theory and Measurement. Princeton, 1983. P. 217–259.

и объект становятся неотделимыми друг от друга»⁵⁵. Поясняя некоторые детали, Гайтлер продолжает: «Появляется наблюдатель как необходимая часть всей структуры, причем наблюдатель *со всей полнотой своих возможностей* сознательного существа» (курсив мой. – А.К.). Заметим, что эта статья опубликована в сборнике, посвященном 70-летию Эйнштейна.

Незадолго перед смертью Эйнштейн в письме к Георгу Яффе от 19 января 1954 г. в очередной раз высказал то, что больше всего его волнует: «Отречение копенгагенской интерпретации от представления о реальности как не зависящей от наблюдения»⁵⁶. Но это уже не имело никакого значения. Будущий нобелевский лауреат Ю. Вигнер, ссылаясь на Гейзенберга, Неймана, Паули, Лондона и Брауэра, напрямую связал процедуру измерения с сознанием в том смысле, что измерительной аппаратурой служит само сознание наблюдателя и поэтому «невозможно последовательно сформулировать законы квантовой механики, не принимая в расчет сознание»⁵⁷. Выдающийся физик Дж. Уилер, работавший и с Бором и с Эйнштейном, продолжает: «Квантовая механика... уничтожает (demolishes) воззрение, что универсум существует “где-то там”»⁵⁸.

А вот к какому, хотя и осторожному, но твердому заключению приходит в 1985 г. Шимони: «Мне представляется правдоподобным, что все попытки объяснить редукцию волнового пакета чисто физическим путем окажутся несостоятельными. Тогда останется лишь один тип объяснения перехода от квантово-механической потенциальности к актуальности: включение сознания»⁵⁹. Все это вместе с другими работами, решающими проблему измерения (причем, все они принадлежат профессиональным физикам⁶⁰),

⁵⁵ Heiter W. The departure from classical thought in modern physics // Albert Einstein: Philosophier-Scientist. Cambridge, 1949. P. 194.

⁵⁶ Цит. по: Кумар М. Указ. соч. С. 453.

⁵⁷ Wigner E.P. Remarks on the mind-body question // The Scientist Speculates: An Anthology of Partly-Baked Ideas. L., 1961. P. 284. (Статья неоднократно переиздавалась.)

⁵⁸ Wheeler J.A. Genesis and observership // Foundational Problems in the Special Sciences. Dordrecht, 1977. P. 6.

⁵⁹ Цит. по: Мамчур Е.А. Объективность науки и релятивизм. М., 2004. С. 23.

⁶⁰ Особо стоит обратить внимание на работы Г. Стэпа: Stapp H.P. *Mind, Matter, and Quantum Mechanics*. B., 1993 (3rd ed. 2009, expanded); Stapp H.P. *Mindful Universe. Quantum Mechanics and the Participating Observer*. B., 2007 (2nd ed. 2011). См.: так же: Atmanspacher H., Römer H., Walach H. Weak quantum

дает основания А.В. Никулову сделать следующий вывод: «Включение сознания наблюдателя в описание квантовых явлений является, пожалуй, главным фундаментальным отличием квантовой механики от всех остальных теорий физики»⁶¹. При этом многие считают, что без включения сознания в процесс измерения квантово-механическое описание не может быть полным⁶². А если так, то главным становится вопрос о взаимодействии сознания с миром квантовых явлений.

Гипотез (ни более того) о квантовой природе сознания, а также о связи разума и материи предостаточно⁶³. Особо выделим уже упоминаемую работу Е. Маносакиса, где, в противоположность мнению, что сознание может быть объяснено квантовой теорией, наоборот, считается, что квантовая теория основывается на самом сознании. Если признать невозможность разделения измеритель-

theory: Complementarity and entanglement in physics and beyond // *Foundations of Physics*. 2002. Vol. 32. P. 379–406; *Manousakis E.* Founding quantum theory on the basis of consciousness // *Foundations of Physics*. 2007. Vol. 36(6). P. 795–838; Sánchez-Cañizares J. The Mind-brain problem and the measurement paradox of quantum mechanics: Should we disentangle them? // *NeuroQuantology*. 2014. Vol. 12(1). P. 696. Заметим, что книга Г. Стэпа (1993) вызвала и вызывает огромный интерес. В связи с этим см.: *Печенкин А.А.* Квантовая онтология (комментарии к книге Г. Стаппа «Сознание, материя и квантовая механика» // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 7. Философия*. 2013. № 4. С. 15–27.

⁶¹ *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Указ. соч. С. 391.

⁶² Об этом см. также в: *Карпенко И.А.* Проблема связи квантовой механики и реальности: в поисках решения // *Эпистемология & философия науки*. 2014. № XL(2). С. 110–111.

⁶³ Укажем только несколько работ известных физиков: *Пенроуз Р.* Тени разума: В поисках науки о сознании. М.–Ижевск, 2011; *Bohm D.J.* A new theory of the relationship of mind to matter // *Philosophical Psychology*. 1990. Vol. 3(2). P. 271–286; *Nadeau R., Kafatos M.* The Non-Local Universe: The New Physics and Matters of the Mind. Oxford, 2001; *Rosenblum B., Kuttner F.* Quantum Enigma: Physics Encounters Consciousness. Oxford, 2006 (2nd ed. 2011); *Consciousness and the Universe: Quantum Physics, Evolution, Brain and Mind / Eds. Penrose R. et al.* Cambridge, MA, 2011; *Панов А.Д.* Технологическая сингулярность, теорема Пенроуза об искусственном интеллекте и квантовая природа сознания // *Прилож. к журн. «Информационные технологии»*. 2014. № 5. Вообще, литература на эту тему необъятна, что несомненно отвечает общекультурным, философским и научным запросам (см. обзор: *Atmanspacher H.* Quantum approaches to consciousness // *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2011. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/> (дата обращения: 11.09.2014)).

ного прибора от исследуемого явления, наблюдателя от наблюдаемого, то это приводит к тому, что наблюдение (измерение) не открывает, а создает реальность. И тогда остается совсем немного, чтобы прийти к солипстическому заключению, что сознание играет решающую роль в этом процессе созидания. Нобелевский лауреат В.Л. Гинзбург в предисловии к статье М.Б. Менского о расщеплении человеческого сознания на компоненты, появляющиеся при квантовом измерении⁶⁴, справедливо отмечает, что «позиция Вигнера... [на которую ссылается Менский] – это солипсизм». Что же касается самой статьи Менского, то Гинзбург продолжает: «это не просто солипсизм..., а нечто более сложное». В этом же году в очень солидном журнале “Nature” Р. Генри пишет о нереальности Универсума⁶⁵.

Таким образом, *поиск реальности только начинается*. В связи с этим обратим внимание на неутешительный вывод, который делает Р. Пенроуз в монументальном труде «Путь к реальности»: «Я считаю, что мы пока не нашли “путь к реальности”, несмотря на необычайный прогресс, достигнутый за более чем два с половиной тысячелетия, а особенно за последние несколько столетий»⁶⁶. А трудности, возникающие на этом пути, заключаются в том, что «“фундаментальная” физическая теория, претендующая на некоторую *полноту* на более глубоких уровнях физических явлений, должна иметь возможность включить в себя разумное сознание (курсив мой. – А.К.)»⁶⁷. И здесь самое время вернуться к великому французскому математику, одному из создателей специальной теории относительности А. Пуанкаре, с

⁶⁴ См.: Менский М.Б. Концепция сознания в контексте квантовой механики // Успехи физ. наук. 2005. Т. 175. № 4. С. 415–434. Эти компоненты и есть миры Эверетта, где стандартно находится по одному наблюдателю, каждый из которых воспринимает окружающий его мир как единственный. Такая концепция получила название «интерпретация многих разумов» (*many-minds interpretation*) и стала активно развиваться в последней четверти XX в. См. обзор: Lockwood M. Many minds interpretations of quantum mechanics // *British Journal for the Philosophy of Science*. 1996. 47(2). P. 159–188. Также см.: Менский М.Б. Сознание и квантовая механика: жизнь в параллельных мирах: (чудеса сознания – из квантовой реальности). Фрязино, 2011.

⁶⁵ Henry R.C. The mental universe // *Nature*. 2005. No. 436(7). P. 29.

⁶⁶ Пенроуз Р. Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. М., 2007. С. 850.

⁶⁷ Там же. С. 854.

упоминания которого и началась эта статья: «Невозможна реальность, которая была бы полностью независима от ума, постигающего ее, видящего, чувствующего ее. Такой внешний мир, если бы даже он и существовал, никогда не был бы нам доступен. Но то, что мы называем объективной реальностью, в конечном счете есть то, что общо нескольким мыслящим существам и могло бы быть общо всем»⁶⁸.

Где та тонкая грань, которая отделяет разум от материи, постигаемое, от того, кто постигает, объект от субъекта? Или такой грани нет, и Декарт был фатально неправ в своем жестком разделении мира на две самостоятельные и независимые субстанции – протяженную (*res extensa*) и мыслящую (*res cogitans*)?

Мы живем в эпоху, когда на фундаментальном (квантовом) уровне физический мир оказался настолько «запутан», насколько это возможно. Экспериментально доказанное нарушение неравенств Белла требует все более глубокого осознания феномена запутанности и имеет прямое отношение к квантовым компьютерам, квантовой криптографии, квантовой телепортации (не путать с телепортацией), и это потрясает обыденное сознание⁶⁹. Но как может сознание распутать «запутанность» мира, если оно само «запутано»? Если мы измеряем то, чего не существует до измерения, то наше знание есть всего лишь знание о запутанных явлениях. Основной вывод заключается в том, что только наблюдаемые феномены являются реально существующими и помимо них нет никакой более глубокой реальности. Или она есть, но настолько «завуалирована», что не может быть даже концептуализирована и, тем более, погружена в наше пространство и время⁷⁰. Именно благодаря развитию этой идеи Б. Д'Эспанья, ученик Луи де Бройля, потративший почти всю свою жизнь на поиск реаль-

⁶⁸ Пуанкаре А. Указ. соч. С. 204.

⁶⁹ См.: Aczel A. Entanglement. Plume, 2003; Audretsch J. Entangled systems: new directions in quantum physics. Bonn, 2007 (здесь полностью разделяется позитивизм Бора относительно реальности); Gilder L. The Age of Entanglement: When Quantum Physics Was Reborn. Vintage, 2008; Whitaker A. The New Quantum Age: From Bell's Theorem to Quantum Computation and Teleportation. Oxford, 2012; Gisin N. Quantum Chance: Nonlocality, Teleportation and Other Quantum Marvels. Copernicus, 2014 (с предисл. А. Аспэ).

⁷⁰ D'Espagnat B. Veiled Reality: An Analysis of Present-Day Quantum Mechanical Concepts. 2nd ed. Boulder, 2003.

ности⁷¹, стал лауреатом Темплтоновской премии 2009 г. Возникает мысль, что поиск реальности откладывается на неопределенно долгий срок, если не навсегда.

Однако это не так! Мы видим, что происходит очередной онтологический поворот. И если предыдущий был реакцией на «гносеологическое засилье» вернувшихся к Канту⁷², то теперь это реакция на ограниченность рационального мышления. Расширение статуса онтологической проблематики отчетливо прослеживается в фундаментальном труде о метаметафизике⁷³. Но это уже новый уровень, когда метафизика имеет дело с основаниями реальности, а метаметафизика – с основаниями метафизики.

7. Сверхреализм

Обратим внимание на то, что мы рассмотрели всего лишь одну интерпретацию квантовой механики, под названием «копенгагенская интерпретация» или как ее еще называют, «стандартная интерпретация», и возможно, наиболее интересную. Самих же интерпретаций уже более двух десятков⁷⁴, и в каждой

⁷¹ Автор многих книг, в том числе и «В поисках реальности»: *D'Espagnat B.* In *Search of Reality, the Outlook of a Physicist.* N.Y.: Springer-Verlag, 1983 (3rd ed. 1991). Книга переведена на ряд языков. Еще в 1979 г. на страницах журнала “*Scientific American*” была опубликована его статья «Квантовая теория и реальность».

⁷² В 1935 г. Н. Гартман задает вопрос: «Почему (об этом следует спросить со всей серьезностью) мы должны-таки во что бы то ни стало вернуться к онтологии?» См.: *Гартман Н.* К основоположению онтологии. СПб., 2003. С. 80. По странному временному совпадению этот вопрос как раз совпал с решающим моментом в дискуссии Эйнштейна с Бором.

⁷³ *Metametaphysics: New Essays on the Foundations of Ontology* / Eds. *D.J. Chalmers, D. Manley, R. Wasserman.* Oxford, 2009.

⁷⁴ Значительная часть их анализируется в книге: *Laloë F.* *Do We Really Understand Quantum Mechanics?* Cambridge, 2012. Здесь проводится их сравнение и обсуждаются слабые и сильные стороны каждой из них. См. также: *Марков М.А.* О трех интерпретациях квантовой механики. М., 1991; *Печенкин А.А.* Три классификации интерпретаций квантовой механики // *Философия науки.* Вып. 5. М., 1999. С. 164–182; *Севальников А.Ю.* Интерпретации квантовой механики: В поисках новой онтологии. М., 2009. Обратим внимание на великолепный слайд А.Ю. Севальникова к выступлению в рамках открытого междисциплинарного семинара МГУ: *Севальников А.Ю.* Квантовая механика

возникает конфликт, который в той или иной степени приходится решать (или полностью отрицать⁷⁵), между двумя квантовыми процессами: U -процессом, который описывается волновой функцией Шредингера, являющейся непрерывной и детерминистической, и R -процессом (т. е. редукцией этой самой функции), который является дискретным и вероятностным. В любом случае, мы должны определить, чем же на самом деле является волновая функция, лежащая в основе всех трудностей, связанных с феноменом нелокальности и можно ли ей приписать хоть какой-то реальный смысл⁷⁶. И хотя впереди нас ждет 90-летний юбилей этого выдающегося открытия, однако, консенсуса пока нет и не предвидится.

Но на самом деле конфликт гораздо глубже – это конфликт между двумя мирами, классическим и квантовым, а если еще глубже – конфликт между фундаментальными типами мышления. Уже не раз упоминаемая мною книга «Квантовый вызов» заканчивается следующими словами: «Возможно, мы должны изменить наше мышление, чтобы понять этот мир»⁷⁷.

Решение проблемы, и весьма радикальное, есть, оно не где-нибудь, а совсем рядом, я бы сказал, слишком рядом, потому что внутри нас. Разгадка зависит от типа мышления, которому не научаешься, а получаешь как *замыкание* всех возможностей универ-

и философия... или об ее интерпретациях. 2013. [Электронный ресурс] URL: <http://www.humus.ru/seminar/mat/sevalnikov.pdf> (дата обращения: 16.10.2014). См. также: *Терехович В.Э.* Сравнительный анализ интерпретаций квантовой механики. Разные взгляды на квантовую реальность. 2014. [Электронный ресурс] URL: http://vtpapers.ru/Papers/InterpretationQM_Terekhovich.pdf (дата обращения: 09.07.2014).

⁷⁵ И тогда появляется новая интерпретация под названием «теорфизическая» (*Липкин А.И.* Основания физики. Взгляд из теоретической физики. М., 2014). Теорфизическая интерпретация принимает положения копенгагенской интерпретации о полноте квантовой механики и о вероятностном типе описания, применяемом к индивидуальным квантовым объектам, но утверждает, что состояние квантовой системы существует независимо от того, измеряется оно или нет. В этой формулировке отсутствуют «парадоксы» и нет явления редукции (коллапса) волновой функции. И, конечно, нет никакой особой роли сознания наблюдателя в квантовой механике.

⁷⁶ *Ney A., Albert D.Z.* The Wave Function: Essays on the Metaphysics of Quantum Mechanics. N.Y., 2013.

⁷⁷ *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Указ. соч. С. 409.

сума на себя, и ты сам порождаешь все новые и новые возможности в виде альтернативных миров. В действительности возможностное мышление еще более безгранично, ибо человеческий разум может помыслить даже бесконечное (и в некотором смысле порождает бесконечности), хотя в природе пока ничего подобного не обнаружено. Такое мышление называется *модальным* мышлением, и оно включает в себя также *контрфактуалы*.

Модальное мышление не противостоит *субстанциональному* мышлению, которое только тем и занимается, что беспрестанно ищет реальность и видя, как она постепенно исчезает (в результате поиска), порождает всевозможные анти-реалистические теории. Напротив, модальное мышление находит реальность в виде многообразия возможностей, подчиняющихся великому «*принципу изобилия*» (**plenitude principle**): «*Никакая подлинная потенция бытия не может оставаться не исполнившейся*»⁷⁸. Принцип изобилия дополняется *принципом полноты*, требующим реализации в актуальность всего того, что мыслится как возможное⁷⁹. *Все мыслимо возможное реально* – вот характеристическая черта модального мышления, ярчайшим представителем которого был Лейбниц⁸⁰. В результате мы приходим к концепции «*сверхреализма*»⁸¹ или «*тотального реализма*»⁸², что является глубокой имманентной реакцией на анти-реализм. Если нет ничего – то существует все.

В последнее время резко обозначилось мощное течение, направленное против различных современных анти-реалистических учений. Наверное, одной из первых таких работ стала эмоциональ-

⁷⁸ Лавджой А. Великая цепь бытия: История идеи. М., 2001.

⁷⁹ Принцип изобилия и вытекающие из него следствия подробно рассмотрены в Карпенко А.С. Философский принцип полноты. Ч. I, II // Вопр. философии. 2013. № 6. С. 58–70; 2013. № 7. С. 95–108. Расширенный вариант см. в: Карпенко А.С. Философский принцип полноты. Ч. I–II // Философия и культура. 2013. № 11. С. 1508–1522; 2013. № 12. С. 1660–1679.

⁸⁰ О Лейбнице и других представителях модального мышления см.: Карпенко А.С. Основной вопрос метафизики // Филос. журн. 2014. № 2(13). С. 51–73. В связи с этим анализируется многомировая интерпретация Эверетта и модальный реализм Льюиса.

⁸¹ Термин введен В.В. Аристовым и А.В. Никуловым в «Дополнении редакторов перевода». См.: *Гринштейн Дж., Зайонц А.* Указ. соч. С. 319.

⁸² См.: *Omniès R.* The Interpretation of Quantum Mechanics. Princeton, 1994. Гл. 12.20.

ная статья М. Гарднера⁸³, в которой автор изумляется тому, что некоторые работающие физики отказались от реализма Ньютона и Эйнштейна. Специально противостоянию реализма и квантовой механики посвящен сборник под редакцией Э. Агацци⁸⁴. При этом в большей или меньшей степени в статьях сборника защищается реализм. В статье «Против “реализма”» Т. Норсен⁸⁵ призывает к уточнению того, что понимается под «реализмом» в словосочетании «локальный реализм» при анализе нарушений неравенств Белла. Автор обращает внимание на двусмысленность этого словосочетания, поскольку идея «локальности» уже предполагает «реализм». Тех же, кто отрицает существование объективной реальности, даже если они знамениты, Норсен обвиняет в «неряшливом», а может даже в «грязном» мышлении (*sloppy thinking*). Интересно, что реалистическая тенденция стала преобладать в фундаментальных работах по квантовой механике⁸⁶. Особого внимания заслуживает только что вышедшая книга известных трех физиков⁸⁷. В разделе 1.3 «Жив ли еще реализм?» прослеживается, начиная от Бора, анти-реалистический подход к основаниям квантовой механики и отмечается, что дискуссия между реалистами и анти-реалистами, длящаяся уже 80 лет, по-видимому, бесконечна. Сами же авторы принимают реалистическую трактовку и досконально разрабатывают статистическую интерпретацию квантовой механики.

Стоит подчеркнуть, что проблема реальности, вставшая так остро при осмыслении квантовой механики, в последнее время привлекает к себе все большее внимание. Так, в 2011 г. в Австрии

⁸³ Gardner M. Guest comment: Is realism a dirty word? // American Journal of Physics. 1989. Vol. 57(3). P. 203–205.

⁸⁴ Realism and Quantum Physics / Ed. Agazzi E. Amsterdam, 1997.

⁸⁵ Norsen T. Against 'realism' // Foundations of Physics. 2007. 37(3). P. 311–340.

⁸⁶ Иванов М.Г. Как понимать квантовую механику. М.; Ижевск, 2012 (см. раздел 9.2.3 «“Смерть реальности” и парадокс ЭПР»); Rae A. Quantum Physics: Illusion or Reality? 2nd rev. ed. Cambridge, 2012 (в заключительной главе «Иллюзия или реальность?» автор пишет о том, что «позитивистский анализ может быть полезен, но им нужно пользоваться с осторожностью» (с. 140)); Gouesbet G. Hidden Worlds in Quantum Physics. Dover Publications, 2013 (здесь обстоятельно критикуется позитивизм).

⁸⁷ De la Peña L., Cetto A.M., Valdés A. The Emerging Quantum: The Physics behind Quantum Mechanics. Springer, 2015.

была проведена международная конференция под названием «Квантовая физика и природа реальности», а в 2014 г. состоялась конференция в Москве под названием «Онтологии квантовой механики». Только за последний год на страницах журнала «Вопросы философии» опубликовано несколько статей, в той или иной степени обозначающих новый поворот к онтологии и к реальности как таковой⁸⁸. Обратим внимание на статью В.А. Лекторского, где в разделе «В защиту реализма» сформулирован основной тезис данного направления: «Не все, что нельзя наблюдать, не существует»⁸⁹.

И вот тут пришло время спросить, что нового могут привнести философы в обсуждение данной тематики? Хорошо известно следующее высказывание нобелевского лауреата С. Вайнберга: «Философия квантовой механики настолько не имеет отношения к ее реальному использованию, что начинаешь подозревать, что все глубокие вопросы о смысле измерения на самом деле пусты, порождены несовершенством нашего языка, который создавался в мире, практически управляющемся законами классической физики»⁹⁰. Однако большое количество различных интерпретаций квантовой механики, которые так или иначе должны решать проблему реальности (от полного «ничто» до абсолютного «все») – все-таки требует философского осмысления. К тому же, подавляющее большинство работающих физиков вообще отказалось, чуть ли не демонстративно, обсуждать какие-либо интерпретации квантовой механики и, тем более, ее философские основания. Их позицию в 1989 г. со всей ясностью выразил известный физик Д. Мермин, сказав: «Заткнись и считай» (*‘Shut up and calculate!’*). Этот афоризм стал настолько знаменит, что его

⁸⁸ См.: Мамчур Е.А. Информационно-теоретический поворот в интерпретации квантовой механики // *Вопр. философии*. 2014. № 1. С. 57–71; Бажанов В.А. Разновидности и противостояние реализма и антиреализма в философии математики. Возможна ли третья линия? // *Вопр. философии*. 2014. № 5. С. 63–74; Феррарис М. Что такое новый реализм? // *Вопр. философии*. 2014. № 8. С. 145–159.

⁸⁹ Лекторский В.А. Реализм, антиреализм, конструктивизм и конструктивный реализм в современной эпистемологии и науке // *Человек в мире знания: К 80-летию Владислава Александровича Лекторского*. М.: РОССПЭН, 2012. С. 430.

⁹⁰ Вайнберг С. Мечты об окончательной теории. Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. 2-е изд. М., 2008. С. 69.

стали приписывать разным физикам, в том числе и нобелевскому лауреату Р. Фейнману, известному своими резкими высказываниями относительно философов⁹¹.

Дело не в том, что философы могут осмыслить что-то не подвластное физикам или наоборот, а скорее в том, что одно дополняет другое. Это своего рода *принцип дополнительности Бора*⁹², но на метафизическом уровне. Как и у Бора, одно не исключает другого, но есть *нечто*, связывающее противоположности, и этим нечто является *логическое пространство*, которое не может не заполняться и никогда не является пустым. Ни о каком «ничто», которое так любят метафизики⁹³, не может быть и речи, поскольку имеет право *быть* любая логическая возможность⁹⁴. Будучи продолжением данной статьи, эта тема станет объектом специального рассмотрения.

* * *

Порой от большого напряжения мысль конденсируется и выдает удивительные откровения о существовании, например, «я мыслю, следовательно, я существую» (1644)⁹⁵. Станным образом Декарт, как наиболее значимый представитель субстанционального мышления, разделив мир на две равные субстанции, все-таки отда-

⁹¹ Имеется даже статья, посвященная этому афоризму: *Lahiri A.* ‘Shut up and calculate!’ 2014. [Electronic resource] URL: <http://www.physicsandmore.net/resources/Shutupandcalculate.pdf> (дата обращения: 13.01.2015).

⁹² Сформулирован Бором в 1927 г. См.: *Бор Н.* О понятиях причинности и дополнительности // *Бор Н.* Избр. науч. тр. Т. 2. М., 1970. С. 391–399. Суть принципа в том, что противоположности не исключают друг друга, а дополняют, и представляют собой неразрушимое целостное образование. Согласно Бору, принцип неопределенности Гейзенберга есть всего лишь проявление принципа дополнительности. На самом деле, появление принципа дополнительности говорит о новом типе научного мышления. Не случайно Бор считал принцип дополнительности своим самым ценным вкладом в науку, поскольку его применимость далеко выходит за границы применения к квантовой механике.

⁹³ См.: *Карпенко А.С.* Основной вопрос метафизики // *Филос. журн.* 2014. № 2(13). С. 51–73.

⁹⁴ *Lewis D.* On the Plurality of Worlds. Oxford, 1986 (rev. ed. 2001).

⁹⁵ См.: *Декарт Р.* Первоначала философии // *Декарт Р.* Соч.: в 2 т. Т. 1. М., 1989.

ет предпочтение мышлению, как более достоверному. Но с точки зрения модального мышления здесь требуется одно существенное уточнение: «*Существовать – значит мыслить возможное*».

Список литературы

Аршинов В.И. Проблема интерпретации квантовой механики и теорема Белла // Теоретическое и эмпирическое в современном научном познании. М., 1984. С. 213–233.

Бажанов В.А. Разновидности и противостояние реализма и антиреализма в философии математики. Возможна ли третья линия? // Воп. философии. 2014. № 5. С. 63–74.

Белинский А.В. Квантовая нелокальность и отсутствие априорных значений измеряемых величин в экспериментах с фотонами // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173(8). С. 905–909.

Бом Д. О возможности интерпретации квантовой механики на основе представлений о «скрытых параметрах» // Вопросы причинности в квантовой механике. М., 1955. С. 34–85.

Бор Н. Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным? // Успехи физ. наук. 1936. Т. 16(4). С. 446–457.

Бор Н. Дискуссии с Эйнштейном о проблемах теории познания в атомной физике // Успехи физ. наук. 1958. Т. 66. № 4. С. 571–598.

Бор Н. О понятиях причинности и дополнительности // *Бор Н.* Избр. науч. тр. Т. 2. М., 1970. С. 391–399.

Вайдман Л. Контрфактуальность в квантовой механике. 2010. [Электронный ресурс] URL: <http://milkywaycenter.com/everettica/SVor050614.pdf>

Вайнберг С. Мечты об окончательной теории. Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. 2-е изд. М.: Едиториал УРСС, 2008. 256 с.

Гартман Н. К основоположению онтологии. СПб.: Наука, 2003. 640 с.

Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука, 1989. 400 с.

Гриб А.А. Неравенства Белла и экспериментальная проверка квантовых корреляций на макроскопических расстояниях // Успехи физ. наук. 1984. Т. 142(4). С. 619–634.

Грин Б. Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. 3-е изд. М.: ЛИБРОКОМ, 2015. 608 с.

Гринштейн Дж., Зайонц А. Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. Изд. 2, испр. и доп. Долгопрудный: Издат. Дом, 2012. 432 с.

Декарт Р. Первоначала философии // *Декарт Р.* Соч.: в 2 т. Т. 1. М.: Мысль, 1989. С. 297–422.

Дойч Д. Начало бесконечности: Объяснения, которые меняют мир. М.: Альпина нон-фикшн, 2014. 581 с.

Заречный М. Невидимая глубина Вселенной: Квантово-мистическая картина мира, структура реальности, путь человека. СПб.: ИГ «Весь», 2009. 256 с.

Иванов М.Г. Как понимать квантовую механику. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. 516 с.

Капра Ф. Дао физики. СПб.: София, 2008. 416 с.

Карпенко А.С. Философский принцип полноты. Ч. I, II // **Вопр. философии.** 2013. № 6. С. 58–70; № 7. С. 95–108.

Карпенко А.С. Философский принцип полноты. Ч. I–II // *Философия и культура.* 2013. № 11. С. 1508–1522; № 12. С. 1660–1679.

Карпенко А.С. Основной вопрос метафизики // *Филос. журн.* 2014. № 2(13). С. 51–73.

Карпенко И.А. Проблема связи квантовой механики и реальности: в поисках решения // *Эпистемология & философия науки.* 2014. № XL(2). С. 110–126.

Кумар М. Квант: Эйнштейн, Бор и великий спор о природе реальности. М.: АСТ: CORPUS, 2013. 592 с.

Лавджой А. Великая цепь бытия: История идеи. М.: Дом интеллектуал. кн., 2001. 376 с.

Лекторский В.А. Реализм, антиреализм, конструктивизм и конструктивный реализм в современной эпистемологии и науке // *Человек в мире знания: К 80-летию В.А. Лекторского.* М., 2012. С. 415–449.

Липкин А.И. Основания физики. Взгляд из теоретической физики. М.: ЛЕНАНД, 2014. 208 с.

Мамчур Е.А. Объективность науки и релятивизм: (К дискуссиям в современной эпистемологии). М.: ИФ РАН, 2004. 242 с.

Мамчур Е.А. Информационно-теоретический поворот в интерпретации квантовой механики // *Вопр. философии.* 2014. № 1. С. 57–71.

Марков М.А. О трех интерпретациях квантовой механики: Об образовании понятия объективной реальности в человеческой практике. М.: Наука, 1991. 112 с.

Менский М.Б. Концепция сознания в контексте квантовой механики // *Успехи физ. наук.* 2005. Т. 175. № 4. С. 415–434.

Менский М.Б. Сознание и квантовая механика: жизнь в параллельных мирах: (чудеса сознания – из квантовой реальности). Фрязино: Век 2, 2011. 320 с.

Морозов С. Реализм и история // *Лит. Россия.* 12.12.2014. № 50. С. 10.

Нейман Дж. Математические основы квантовой механики. М.: Наука, 1964. 368 с.

Панов А.Д. Технологическая сингулярность, теорема Пенроуза об искусственном интеллекте и квантовая природа сознания // Прилож. к журн. «Информационные технологии». 2014. № 5. 32 с.

Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. М.; Ижевск: ИКИ, 2007. 912 с.

Пенроуз Р. Тени разума: В поисках науки о сознании. М.; Ижевск: ИКИ, 2011. 688 с.

Печенкин А.А. Три классификации интерпретаций квантовой механики // Философия науки. Вып. 5. М., 1999. С. 164–182.

Печенкин А.А. Квантовая онтология (комментарии к книге Г. Стаппа «Сознание, материя и квантовая механика» // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 7. Философия. 2013. № 4. С. 15–27.

Пуанкаре А. Ценность науки // *Пуанкаре А.* О науке. 2-е изд. М.: Наука, 1990. С. 169–368.

Севальников А.Ю. Интерпретации квантовой механики: В поисках новой онтологии. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 192 с.

Севальников А.Ю. Квантовая механика и философия... или об ее интерпретациях (Выступление в рамках открытого междисциплинарного семинара МГУ, 9 июня 2013 г.). [Электронный ресурс] URL: <http://www.humus.ru/seminar/mat/sevalnikov.pdf>

Сонг Д. Луна Эйнштейна // Успехи физических наук. 2012. Т. 182(9). С. 1013–1014.

Спаский Б.И., Московский А.В. О нелокальности в квантовой физике // Успехи физ. наук. 1984. Т. 142(4). С. 599–617.

Терехович В.Э. Сравнительный анализ интерпретаций квантовой механики. Разные взгляды на квантовую реальность. 2014. [Электронный ресурс] URL: http://vtpapers.ru/Papers/InterpretationQM_Terekhovich.pdf

Феррарис М. Что такое новый реализм? // Вопр. философии. 2014. № 8. С. 145–159.

Фурсов А.А. Проблема статуса теоретического знания науки в политике между реализмом и антиреализмом. М.: МГУ, 2013. 234 с.

Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным? // Успехи физ. наук. 1936. Т. 16(4). С. 440–446.

Эйнштейн А. Квантовая механика и действительность // *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 3. М., 1966. С. 612–616.

Эйнштейн А. Автобиографические заметки // *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 4. М., 1967. С. 259–293.

Янчилин В.Л. Квантовая нелокальность. М.: Красанд, 2010. 144 с.

- Aczel A.* Entanglement. Plume, 2003. 304 p.
- Realism and Quantum Physics / Ed. E. Agazzi. Amsterdam: Rodopi, 1997. 250 p.
- The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and Their Impact on the Issue of Scientific Realism / Eds. E. Agazzi, M. Pauri. Dordrecht: Kluwer, 2000 (Springer, 2011). 365 p.
- Realism and Antirealism / Ed. W.P. Alston. N.Y.: Cornell University Press, 2002. 310 p.
- Atmanspacher H.* Quantum approaches to consciousness // Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2011. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/>
- Atmanspacher H., Römer H., Walach H.* Weak quantum theory: Complementarity and entanglement in physics and beyond // Foundations of Physics. 2002. Vol. 32. P. 379–406.
- Audretsch J.* Entangled Systems: New Directions in Quantum Physics. Bonn: Wiley-VCH, 2007. 338 p.
- Bell J.S.* Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics. N.Y.: Cambridge University Press, 1987 (rev. ed. 2004). 290 p.
- Bohm D.J.* A new theory of the relationship of mind to matter // Philosophical Psychology. 1990. Vol. 3(2). P. 271–286.
- Broc S. and Mares E.* Realism and Anti-realism. Durham: Acumen, 2007. 250 p.
- Capra F.* The Tao of Physics: An Exploration of the Parallels Between Modern Physics and Eastern Mysticism. Shambhala Publications, 2010 (5th ed. updated). 368 p.
- Metametaphysics: New Essays on the Foundations of Ontology / Eds. D.J. Chalmers, D. Manley, R. Wasserman. N.Y.: Oxford University Press, 2009. 530 p.
- Colbeck R., Renner R.* No extension of quantum theory can have improved predictive power // Nature Communications. 2011. Vol. 2(8). P. 1–5.
- Couder Y., Fort E.* Single particle diffraction and interference at a macroscopic scale // Physical Review Letters. 2006. Vol. 97(15): 154101.
- Philosophical Consequences of Quantum Theory: Reflections on Bell's Theorem / Eds. J.T. Cushing., E. McMullin. University of Notre Dame Press, 1989. 314 p.
- De la Peña L., Cetto A.M., Valdés A.* The Emerging Quantum: The Physics behind Quantum Mechanics. Springer, 2015. 366 p.
- D'Espagnat B.* In Search of Reality, the Outlook of a Physicist. New York: Springer-Verlag, 1983 (3rd ed. 1991). 182 p.
- D'Espagnat B.* Veiled Reality: An Analysis of Present-Day Quantum Mechanical Concepts. 2nd ed. Boulder: Westview Press, 2003. 496 p.

Erven C. et al. Experimental three-photon quantum nonlocality under strict locality conditions // *Nature Photonics*. 2014. Vol. 8. P. 292–296.

Fine A. The Einstein-Podolsky-Rosen argument in quantum theory // *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2013. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/qt-epr/>

Fine K. The question of realism // *Philosopher's Imprint*. 2001. Vol. 1(1). P. 1–30.

Gardner M. Guest comment: Is realism a dirty word? // *American Journal of Physics*. 1989. Vol. 57(3). P. 203–205.

Ghins M. Realism // *INTERS – Interdisciplinary Encyclopedia of Religion and Science*, 2009. [Electronic resource] URL: www.inters.org/realism

Gilder L. *The Age of Entanglement: When Quantum Physics Was Reborn*. Vintage, 2008. 338 p.

Gisin N. *Quantum Chance: Nonlocality, Teleportation and Other Quantum Marvels, Copernicus*, 2014. 109 p.

Goesbet G. *Hidden Worlds in Quantum Physics*. Dover Publications, 2013. 547 p.

Truth and Realism / Eds. P. Greenough, M.P. Lynch. Oxford: Oxford University Press, 2006. 253 p.

Gröblacher S. et al. An experimental test of non-local realism // *Nature*. 2007. Vol. 446. P. 871–875.

Hale B. Realism and its oppositions // *A Companion in the Philosophy of Language / Eds. B. Hale, C. Wright*. Oxford: Blackwell, 1997. P. 271–308.

Heitler W. The departure from classical thought in modern physics // *Albert Einstein: Philosopher-Scientist / Ed. P.A. Schilpp*. Evanston: Northwestern University Press, 1949 (3rd ed. 1998) P. 179–198.

Hemnick D.L., Shakur A.M. *Bell's Theorem and Quantum Realism: Re-assessment in Light of the Schrödinger paradox*. Springer, 2012. 113 p.

Henry R.C. The mental universe // *Nature*. 2005. No. 436(7). P. 29.

Home D., Whitaker A. *Einstein's Struggles with Quantum Theory: A Re-appraisal*. N.Y.: Springer Science & Business Media, 2007. 370 p.

Horodecki R. et al. Quantum entanglement // *Review of Modern Physics*. 2009. Vol. 81. P. 865–942.

Jaeger G. *Quantum Objects: Non-Local Correlation, Causality and Objective Indefiniteness in the Quantum World*. Heidelberg: Springer, 2014. 230 p.

Bell's Theorem, Quantum Theory and Conceptions of the Universe / Ed. M. Kafatos. Dordrecht: Kluwer, 1989 (2nd ed. 2010). 330 p.

Lahiri A. 'Shut up and calculate!' 2014. [Electronic resource] URL: <http://www.physicsandmore.net/resources/Shutupandcalculate.pdf>

Laloë F. *Do We Really Understand Quantum Mechanics?* Cambridge University Press, 2012. 406 p.

Leggett A.J. Nonlocal hidden-variable theories and quantum mechanics: An incompatibility theorem // *Foundation of Physics*. 2003. Vol. 33(10). P. 1469–1493.

Leggett A.J., Garg A. Quantum mechanics versus macroscopic realism: is the flux there when nobody looks? // *Physical Review Letters*. 1985. Vol. 54. P. 857–860.

Lewis D. *On the Plurality of Worlds*. Oxford: Blackwell, 1986 (rev. ed. 2001). 288 p.

Lockwood M. Many minds interpretations of quantum mechanics // *British Journal for the Philosophy of Science*. 1996. 47(2). P. 159–188.

London F., Bauer E. The theory of observation in quantum mechanics // *Quantum Theory and Measurement* / Eds. J.A. Wheeler and W.H. Zurek. Princeton University, Princeton, 1983. P. 217–259.

Manousakis E. Founding quantum theory on the basis of consciousness // *Foundations of Physics*. 2007. Vol. 36(6). P. 795–838.

The Problem of Realism / Ed. M. Marsonet. Aldershot: Ashgate, 2002. 217 p.

Maudlin T. *Quantum Non-Locality and Relativity: Metaphysical Intimations of Modern Physics*. 3rd ed. with new chapter. Wiley-Blackwell, 2011. 312 p.

Mermin D. Is the moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory // *Physics Today*. 1985. Vol. 38. P. 38–47.

Miller A. Realism and Antirealism // *A Handbook of Philosophy of Language* / Eds. E. Lepore and B. Smith. N.Y.: Oxford University Press, 2006. P. 983–1005.

Miller A. Realism // *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2010. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/realism/>

Mooij J.E. Quantum mechanics: No moon there // *Nature Physics*. 2010. Vol. 6. P. 401–402.

Nadeau R., Kafatos M. *The Non-Local Universe: The New Physics and Matters of the Mind*. Oxford: Oxford University Press, 1999. 256 p.

Ney A., Albert D.Z. *The Wave Function: Essays on the Metaphysics of Quantum Mechanics*. N.Y. Oxford University Press, 2013. 244 p.

Norsen T. Against ‘realism’ // *Foundations of Physics*. 2007. 37(3). P. 311–340.

Omnès R. *The Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton University Press, 1994. 568 p.

Consciousness and the Universe: Quantum Physics, Evolution, Brain and Mind / Eds. R. Penrose et al. Cambridge, MA: Cosmology Science Publishers, 2011. 1100 p.

Peterson A. The philosophy of Niels Bohr // *Bulletin of the Atomic Scientists*. 1963. Vol. 19(7). P. 8–14.

Rae A. *Quantum Physics: Illusion or Reality?* 2nd rev. ed. Cambridge. U.K.: Cambridge University Press, 2012. 170 p.

Redhead M. Incompleteness, Nonlocality, and Realism: A Prolegomenon to the Philosophy of Quantum Mechanics. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 1987. 200 p.

Rosenblum B., Kuttner F. Quantum Enigma: Physics Encounters Consciousness. Oxford: Oxford University Press, 2006 (2nd ed. 2011). 217 p.

Sánchez-Cañizares J. The Mind-brain problem and the measurement paradox of quantum mechanics: Should we disentangle them? // *NeuroQuantology*. 2014. Vol. 12(1). P. 76–95.

Scheidt T. et al. Violation of local realism with freedom of choice // *PNAS*. 2010. Vol. 107(46). P. 19708–19713.

Shimony A. Bell's Theorem // *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2009. [Electronic resource] URL: <http://plato.stanford.edu/entries/bell-theorem/#>

Smetham G. Quantum Buddhism: Dancing in Emptiness – Reality Revealed at the Interface of Quantum Physics and Buddhist Philosophy. Brighton: Shunyata Press, 2010. 650 p.

Stapp H.P. Mind, Matter, and Quantum Mechanics, Berlin: Springer, 1993 (3rd ed. 2009, expanded). 300 p.

Stapp H.P. Mindful Universe. Quantum Mechanics and the Participating Observer. Berlin: Springer, 2007 (2nd ed. 2011). 226 p.

Wheeler J.A. Genesis and observership // *Foundational Problems in the Special Sciences*. Dordrecht: Reidel, 1977. P. 3–33.

Vision G. Modern Anti-realism and Manufactured Truth. London: Routledge 1988. 242 p.

Whitaker A. The New Quantum Age: From Bell's Theorem to Quantum Computation and Teleportation. Oxford University Press, 2012. 408 p.

Quantum Questions: Mystical Writings of the World's Great Physicists / Ed. K. Wilber. Shambhala Publication, 1984 (rev. ed. 2001). 224 p.

In Search of Reality: Disappearance

Alexander Karpenko

DSc in Philosophy, Professor, The Head of the Department of Logic. Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences. Volkhonka Str. 14/5, Moscow 119992, Russian Federation. E-mail: as.karpenko@gmail.com

The problem of reality discussed in the present paper is evoked by debate on philosophical foundations of quantum mechanics. The author underlined the phase of discussions which may be called post-Einsteinian and post-Bohrian. Much consideration is given to problem of non-locality in quantum world, to famous Bell's inequalities and Aspect's experiments, which played an important role in proving superiority of *Copenhagen interpretation for quantum theory, which is opposed to theories requiring the use of hidden parameters*. It is shown that phenomena of quantum entanglement and non-locality gradually blur the classical concept of reality. Still the problem turns out to be much more complicated, because numerous studies question the rigid distinction between spirit and matter, and in this case the largest share is given to the creative ability of consciousness. It is stated that modal, possibilistic thinking approach opposed to anti-realism gains yet more significance and gives rise to "superrealism" requiring realization into actuality for everything thought of as possible. As the result, the famous philosophical proposition by René Descartes takes the following form: "Esse ergo cogitare possibile" ("To exist means to think the possible").

Keywords: reality, EPR-paradox, local realism, Bell's inequalities, non-locality, entanglement, consciousness, modal thinking, superrealism

References

- Aczel, A. *Entanglement*. Plume, 2003. 304 pp.
- Agazzi, E. (ed.) *Realism and Quantum Physics*. Amsterdam: Rodopi, 1997. 250 pp.
- Agazzi, E., Pauri, M. (eds.) *The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and Their Impact on the Issue of Scientific Realism*. Dordrecht: Kluwer, 2000 (Springer, 2011). 365 pp.
- Alston, W.P. (ed.) *Realism and Antirealism*. Cornell University Press, 2002. 310 pp.

Arshinov, V.I. “Problema interpretatsii kvantovoi mekhaniki i teorema Bella” [The problem of interpretation of quantum mechanics, and Bell’s theorem], *Teoreticheskoe i empiricheskoe v sovremennom nauchnom poznanii* [Theoretical and empirical in modern scientific knowledge], Moscow: Nauka Publ., 1984. pp. 213–233. (In Russ.)

Atmanspacher, H. *Quantum approaches to consciousness* Stanford. Encyclopedia of Philosophy. 2011. [<http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness>, accessed on 11.09. 2014].

Atmanspacher, H., Römer, H., Walach, H. “Weak quantum theory: Complementarity and entanglement in physics and beyond”, *Foundations of Physics*, 2002, vol. 32, pp. 379–406.

Audretsch, J. *Entangled systems: new directions in quantum physics*. Bonn: Wiley-VCH, 2007. 338 pp.

Bazhanov, V.A. “Raznovidnosti i protivostoyanie realizma i antirealizma v filosofii matematiki. Vozmozhna li tret’ya liniya?” [Variety and realism and anti-realism opposition to the philosophy of mathematics. Can the third line?], *Voprosy filosofii*, 2014, no 5, pp. 63–74. (In Russ.)

Belinskii, A.V. “Kvantovaya nelokal’nost’ i otsutstvie apriornykh znachenii izmeryaemykh velichin v eksperimentakh s fotonami” [Quantum nonlocality and the absence of a priori values for measurable quantities in experiments with photons], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 2003, vol. 173, no 8, pp. 905–909. (In Russ.)

Bell, J.S. *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*. N.Y.: Cambridge University Press, 1987 (rev. ed. 2004). 290 pp.

Bohm, D.J. “A new theory of the relationship of mind to matter”, *Philosophical Psychology*, 1990, vol. 3(2), pp. 271–286.

Bohr, N. “Diskussii s Einsteynom o problemakh teorii poznaniya v atomnoi fizike” [Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 1958, vol. 66, no 4, pp. 571–598. (In Russ.)

Bohr, N. “Mozhno li schitat’, chto kvantovo-mekhanicheskoe opisaniye fizicheskoi real’nosti yavlyaetsya polnym?” [Can we assume that the quantum-mechanical description of physical reality is complete?], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 1936, vol. 16, no 4, pp. 446–457. (In Russ.)

Bohr, N. “O ponyatiyakh prichinnosti i dopolnitel’nosti” [The concepts of causality and complementarity], in: N. Bohr, *Izbrannye nauchnye Trudy* [Selected Scientific Works], vol. 2. Moscow: Nauka Publ., 1970, pp. 391–399. (In Russ.)

Bom, D. “O vozmozhnosti interpretatsii kvantovoi mekhaniki na osnove predstavlenii o “skrytykh” parametrah” [The possibility of interpretation of quantum mechanics based on the concepts of “hidden” parameters], *Voprosy prichinnosti v kvantovoi mekhanike* [Questions of causality in quantum mechanics]. Moscow: IL Publ., 1955, pp. 34–85. (In Russ.)

- Broc, S., Mares E. *Realism and Anti-realism*. Durham: Acumen, 2007. 250 pp.
- Capra, F. *The Tao of Physics: An Exploration of the Parallels Between Modern Physics and Eastern Mysticism*. Shambhala Publications, 2010. 368 pp.
- Chalmers, D.J., Manley, D., Wasserman, R. (eds.). *Metametaphysics: New Essays on the Foundations of Ontology*. Oxford University Press, 2009. 530 pp.
- Colbeck, R., Renner, R. “No extension of quantum theory can have improved predictive power”, *Nature Communications*, 2011, vol. 2, no 8, pp. 1–5.
- Couder, Y., Fort. E. “Single particle diffraction and interference at a macroscopic scale”, *Physical Review Letters*, 2006, vol. 97, no 15, pp.154101.
- Cushing, J.T., McMullin, E. (eds.) *Philosophical Consequences of Quantum Theory: Reflections on Bell’s Theorem*. University of Notre Dame Press, 1989. 314 pp.
- D’Espagnat, B. *In Search of Reality, the Outlook of a Physicist*. New York: Springer-Verlag, 1983 (3rd ed. 1991). 182 pp.
- D’Espagnat, B. *Veiled Reality: An Analysis of Present-Day Quantum Mechanical Concepts*. Boulder: Westview Press, 2003. 496 pp.
- De la Peña, L., Cetto, A.M., Valdés, A. *The Emerging Quantum: The Physics behind Quantum Mechanics*. Springer, 2015. 366 pp.
- Descartes, R. “Pervonachala filosofii” [Principles of Philosophy], in: R. Descartes, *Sochineniya* [Works, 2 vols], vol. 1. Moscow: Mysl’ Publ., 1989, pp. 297–422. (In Russ.)
- Doich, D. *Nachalo beskonechnosti: Ob ‘yasneniya, kotorye menyayut mir* [Start Infinity: Explanations that are changing the world]. Moscow: Al’pina non-fikshn Publ., 2014. 581 pp. (In Russ.)
- Einshtein, A., Podol’skii, B., Rozen, N. “Mozhno li schitat’, chto kvantovo-mekhanicheskoe opisanie fizicheskoi real’nosti yavlyaetsya polnym?” [Can we assume that the quantum-mechanical description of physical reality is complete?], *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Successes of physical sciences.], 1936, vol. 16, no 4, pp. 440–446. (In Russ.)
- Einstein, A. “Avtobiograficheskie zametki” [Autobiographical Notes], in: A. Einstein, *Sobranie nauchnykh trudov* [Collection of scientific works, 4 vols.], vol. 4. Moscow: Nauka Publ., 1967, pp. 259–293. (In Russ.)
- Einstein, A. “Kvantovaya mekhanika i deistvitel’nost’” [Quantum mechanics and reality], in: A. Einstein, *Sobranie nauchnykh trudov* [Collection of scientific works, 4 vols.], vol. 3. Moscow: Nauka Publ., 1966, pp. 612–616. (In Russ.)
- Erven, C. *et al.* “Experimental three-photon quantum nonlocality under strict locality conditions”, *Nature Photonics*, 2014, vol. 8, pp. 292–296.
- Ferraris, M. “Chto takoe novyi realizm?” [What is new realism], *Voprosy filosofii*, 2014, no 8, pp. 145–159. (In Russ.)
- Fine, A. “The Einstein-Podolsky-Rosen argument in quantum theory”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2013, [<http://plato.stanford.edu/entries/qt-epr/>, accessed on 14.08. 2014].

Fine, K. "The question of realism", *Philosopher's Imprint*, 2001, vol. 1, no 1, pp. 1–30.

Fursov, A.A. *Problema statusa teoreticheskogo znaniya nauki v polemike mezhdu realizmom i antirealizmom* [The problem of the status of theoretical knowledge of science in the controversy between realism and anti-realism]. Moscow: Moscow St. Univ. Publ., 2013. 234 pp. (In Russ.)

Gardner, M. "Guest comment: Is realism a dirty word?", *American Journal of Physics*, 1989, vol. 57, no 3, pp. 203–205.

Gartman, N. *K osnovopolozheniyu ontologii* [By the fundamental principle of the ontology]. St.Petersburg: Nauka Publ., 2003. 640 pp. (In Russ.)

Geizenberg, V. *Fizika i filosofiya. Chast' i tseloe* [Physics and Philosophy. Part and whole.]. Moscow: Nauka Publ., 1989. 400 pp. (In Russ.)

Ghins, M. "Realism", *INTERS – Interdisciplinary Encyclopedia of Religion and Science*, 2009 [www.inters.org/realism, accessed on 08.04. 2014].

Gilder, L. *The Age of Entanglement: When Quantum Physics Was Reborn*. Vintage, 2008. 338 pp.

Gisin, N. *Quantum Chance: Nonlocality, Teleportation and Other Quantum Marvels, Copernicus*, 2014. 109 pp.

Gouesbet, G. *Hidden Worlds in Quantum Physics*. Dover Publications, 2013. 547 pp.

Greenough, P., Lynch, M.P. (eds.) *Truth and Realism*. Oxford: Oxford University Press, 2006. 253 pp.

Grib, A.A. "Neravenstva Bella i eksperimental'naya proverka kvantovykh korrelyatsii na makroskopicheskikh rasstoyaniyakh" [Bell's inequalities and experimental verification of quantum correlations over macroscopic distances], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 1984, vol. 142, no 4, pp. 619–634. (In Russ.)

Grin, B. *Tkan' kosmosa: Prostranstvo, vremya i tekstura real'nosti* [The fabric of space: Space, Time, and the texture of reality]. Moscow: Librokom Publ., 2015. 608 p. (In Russ.)

Grinshtein, Dzh., Zaiants, A. *Kvantovyi vyzov. Sovremennye issledovaniya osnovanii kvantovoi mekhaniki* [Quantum call. Modern research foundations of quantum mechanics]. Dolgoprudnyi, 2012. 432 pp. (In Russ.)

Gröblacher, S. et al. "An experimental test of non-local realism", *Nature*, 2007, vol. 446, pp. 871–875.

Hale, B. "Realism and its oppositions", *A Companion in the Philosophy of Language*, eds. by B. Hale and C. Wright. Oxford: Blackwell, 1997, pp. 271–308.

Heitler, W. "The departure from classical thought in modern physics", *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, ed by P.A. Schilpp. Evanston: Northwestern University Press, 1949 (3rd ed. 1998), pp. 179–198.

Hemmick, D.L., Shakur, A.M. *Bell's Theorem and Quantum Realism: Re-assessment in Light of the Schrödinger paradox*. Springer, 2012. 113 pp.

Henry, R.C. “The mental universe”, *Nature*, 2005, vol. 436, 7 July, p. 29.
Home, D., Whitaker, A. *Einstein's Struggles with Quantum Theory: A Reappraisal*. N.Y.: Springer Science & Business Media, 2007. 370 p.

Horodecki, R. et al. “Quantum entanglement”, *Review of Modern Physics*, 2009, vol. 81, pp. 865–942.

Ivanov, M.G. *Kak ponimat' kvantovuyu mekhaniku* [How to understand quantum mechanics]. Moscow–Izhevsk: Regul'yarnaya i khaoticheskaya dinamika Publ., 2012. 516 pp. (In Russ.)

Jaeger, G. *Quantum Objects: Non-Local Correlation, Causality and Objective Indefiniteness in the Quantum World*. Heidelberg: Springer, 2014. 230 pp.

Kafatos, M. (ed.) *Bell's Theorem, Quantum Theory and Conceptions of the Universe*. Dordrecht: Kluwer, 1989 (2nd ed. 2010). 330 pp.

Kapra, F. *Dao fiziki* [The Tao of Physics]. St.Petersburg: Sofiya Publ., 2008. 416 pp. (In Russ.)

Karpenko, A.S. “Filosofskii printsip polnoty. Ch. I, II” [Philosophical principle of completeness. Part I, II], *Voprosy filosofii*, 2013, no 6, pp. 58–70; 2013, no 7, pp. 95–108. (In Russ.)

Karpenko, A.S. “Filosofskii printsip polnoty. Ch. I, II” [Philosophical principle of completeness. Part I, II], *Filosofiya i kul'tura*, 2013, no 11, pp. 1508–1522; 2013, no 12, pp. 1660–1679. (In Russ.)

Karpenko, A.S. “Osnovnoi vopros metafiziki” [The basic question of metaphysics], *Filosofskii zhurnal*, 2014, no 2, pp. 51–73. (In Russ.)

Karpenko, I.A. “Problema svyazi kvantovoi mekhaniki i real'nosti: v poiskakh resheniya” [The problem of the quantum mechanics and reality: in search of solutions], *Epistemologiya & filosofiya nauki*, 2014, vol. 40, no 2, pp. 110–126. (In Russ.)

Kumar, M. *Kvant: Einshtein, Bor i velikii spor o prirode real'nosti* [Quantum: Einstein, Bohr and the Great Debate about the nature of reality]. Moscow: Corpus Publ., 2013. 592 pp. (In Russ.)

Lahiri, A. ‘Shut up and calculate!’ 2014 [<http://www.physicsandmore.net/resources/Shutupandcalculate.pdf>, accessed on 13.01. 2015].

Laloë, F. *Do We Really Understand Quantum Mechanics?* Cambridge University Press, 2012. 406 pp.

Lavdzhoi, A. *Velikaya tsep' bytiya: Istoriya idei* [Great Chain of Being: A History of ideas]. Moscow: Dom intellektual'noi knigi Publ., 2001. 376 pp. (In Russ.)

Leggett, A.J. “Nonlocal hidden-variable theories and quantum mechanics: An incompatibility theorem”, *Foundation of Physics*, 2003, vol. 33, no 10, pp. 1469–1493.

Leggett, A.J., Garg, A. “Quantum mechanics versus macroscopic realism: is the flux there when nobody looks?”, *Physical Review Letters*, 1985, vol. 54, pp. 857–860.

Lektorskii, V.A. "Realizm, antirealizm, konstruktivizm i konstruktivnyi realizm v sovremennoi epistemologii i nauke" [Realism, anti-realism, constructivism and constructive realism in modern epistemology and science], *Chelovek v mire znaniya* [Man in the World Knowledge]. Moscow: ROSSPEN Publ., 2012, pp. 415–449. (In Russ.)

Lewis, D. *On the Plurality of Worlds*. Oxford: Blackwell, 1986 (rev. ed. 2001). 288 pp.

Lipkin, A.I. *Osnovaniya fiziki. Vzglyad iz teoreticheskoi fiziki* [Foundations of physics. View of theoretical physics]. Moscow: Lenand Publ., 2014. 208 pp. (In Russ.)

Lockwood, M. "Many minds interpretations of quantum mechanics", *British Journal for the Philosophy of Science*, 1996, vol. 47, no 2, pp. 159–188.

London, F., Bauer, E. "The theory of observation in quantum mechanics", *Quantum Theory and Measurement*, ed. by J.A. Wheeler and W.H. Zurek. Princeton University, Princeton, 1983, pp. 217–259.

Mamchur, E.A. "Informatsionno-teoreticheskii povorot v interpretatsii kvantovoi mekhaniki" [Information-theoretical turn in the interpretation of quantum mechanics], *Voprosy filosofii*, 2014, no 1, pp. 57–71 (In Russ.)

Mamchur, E.A. *Ob "ektivnost' nauki i relyativizm: (K diskussiyam v sovremennoi epistemologii)* [Objectivity of Science and relativism: (to the debate in modern epistemology)]. Moscow: IF RAN Publ., 2004. 242 pp. (In Russ.)

Manousakis, E. "Founding quantum theory on the basis of consciousness", *Foundations of Physics*, 2007, vol. 36, no 6, pp. 795–838.

Markov, M.A. "O trekh interpretatsiyakh kvantovoi mekhaniki. Moscow: Nauka Publ., 1991. 112 p. (In Russ.)

Marsonet, M. (ed.). *The Problem of Realism*. Aldershot: Ashgate, 2002. 217 pp.

Maudlin, T. *Quantum Non-Locality and Relativity: Metaphysical Intimations of Modern Physics*. 3rd ed. with new chapter. Wiley-Blackwell, 2011. 312 pp.

Menskii, M.B. "Kontseptsiya soznaniya v kontekste kvantovoi mekhaniki" [Concept of consciousness in the context of quantum mechanics], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 2005, vol. 175, no 4, pp. 415–434. (In Russ.)

Menskii, M.B. *Soznanie i kvantovaya mekhanika: zhizn' v parallel'nykh mirakh: (chudesna soznaniya – iz kvantovoi real'nosti)* [Consciousness and quantum mechanics: A life in parallel worlds: (miracles of consciousness – from quantum reality)]. Fryazino: Vek 2, 2011. 320 pp. (In Russ.)

Mermin, D. "Is the moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory", *Physics Today*, 1985, vol. 38, pp. 38–47.

Miller, A. "Realism and Antirealism", *A Handbook of Philosophy of Language*, ed. by E. Lepore and B. Smith. Oxford: Oxford University Press, 2006, pp. 983–1005.

Miller, A. "Realism", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2010 [URL: <http://plato.stanford.edu/entries/realism/>, accessed on 24.08. 2014].

Mooij, J.E. "Quantum mechanics: No moon there", *Nature Physics*, 2010, vol. 6, pp. 401–402.

Morozov, S. "Realizm i istoriya" [Realism and history], *Literaturnaya Rossiya*, 12.12.2014, no 50, p. 10. (In Russ.)

Nadeau, R., Kafatos, M. *The Non-Local Universe: The New Physics and Matters of the Mind*. Oxford: Oxford University Press, 1999. 256 pp.

Neiman, Dzh. *Matematicheskie osnovy kvantovoi mekhaniki* [Mathematical foundations of quantum mechanics]. Moscow: Nauka Publ., 1964. 368 pp. (In Russ.)

Ney, A., Albert, D.Z. *The Wave Function: Essays on the Metaphysics of Quantum Mechanics*. New York: Oxford University Press, 2013. 244 pp.

Norsen, T. "Against 'realism'", *Foundations of Physics*, 2007, vol. 37, no 3, pp. 311–340.

Omñès, R. *The Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton University Press, 1994. 568 pp.

Panov, A.D. "Tekhnologicheskaya singulyarnost', teorema Penrouza ob iskusstvennom intellekte i kvantovaya priroda soznaniya" [Technological singularity theorem Penrose about artificial intelligence and quantum nature of consciousness], *Prilozhenie k zhurnalu "Informatsionnye tekhnologii"*, 2014, no 5, 32 pp. (In Russ.)

Pechenkin, A.A. "Kvantovaya ontologiya (kommentarii k knige G. Stappa «Soznanie, materiya i kvantovaya mekhanika»)» [Quantum Ontology (comment on the book by Stapp "Consciousness, Matter and Quantum Mechanics")], *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 7, Filosofiya* [Bulletin of Moscow University. Ser. 7, Philosophy], 2013, no 4, pp. 15–27. (In Russ.)

Pechenkin, A.A. "Tri klassifikatsii interpretatsii kvantovoi mekhaniki" [Three classification interpretations of quantum mechanics], *Filosofiya nauki*, 1999, no 5, pp. 164–182. (In Russ.)

Penrose, R. et al. (eds.) *Consciousness and the Universe: Quantum Physics, Evolution, Brain and Mind*. Cambridge, MA: Cosmology Science Publishers, 2011. 1100 p.

Penrouz, R. *Put' k real'nosti, ili zakony, upravlyayushchie Vseleynoi. Polnyi putevoditel'* [Way to reality, or the laws that govern the universe. Full guide]. Moscow-Izhevsk: IKI Publ., 2007. 912 p. (In Russ.)

Penrouz, R. *Teni razuma: V poiskakh nauki o soznanii* [Shadows of the Mind: In Search of the Science of Consciousness]. Moscow-Izhevsk: IKI Publ., 2011. 688 pp. (In Russ.)

Peterson, A. "The philosophy of Niels Bohr", *Bulletin of the Atomic Scientists*, 1963, vol. 19, no 7, pp. 8–14.

Poincaré, H. "Tsennost' nauki" [Value of science], in: H. Poincaré, *O nauke*. [About science]. Moscow: Nauka Publ., 1990. 736 pp. (In Russ.)

Rae, A. *Quantum Physics: Illusion or Reality?* 2nd rev. ed. Cambridge University Press, 2012. 170 pp.

Redhead, M. *Incompleteness, Nonlocality, and Realism: A Prolegomenon to the Philosophy of Quantum Mechanics*. Oxford: Oxford University Press, 1987. 200 pp.

Rosenblum, B., Kuttner, F. *Quantum Enigma: Physics Encounters Consciousness*. Oxford: Oxford University Press, 2006 (2nd ed. 2011). 217 p.

Sánchez-Cañizares, J. "The Mind-brain problem and the measurement paradox of quantum mechanics: Should we disentangle them?", *NeuroQuantology*, 2014, vol. 12, no 1, pp. 76–95.

Scheidl, T. et al. "Violation of local realism with freedom of choice", *PNAS*. 2010, vol. 107, no 46, pp. 19708–19713.

Seval'nikov, A. Yu. *Interpretatsii kvantovoi mekhaniki: V poiskakh novoi ontologii* [Interpretation of quantum mechanics: In search of a new ontology]. Moscow: Librokom Publ., 2009. 192 pp. (In Russ.)

Seval'nikov, A. Yu. *Kvantovaya mekhanika i filosofiya... ili ob ee interpretatsiyakh* [Quantum mechanics and philosophy... or on its interpretations], *Vystuplenie v ramkakh otkrytogo mezhdistsiplinarnogo seminara MGU, 9 iyunya 2013 g.* [<http://www.humus.ru/seminar/mat/sevalnikov.pdf>, accessed on 16.10.2014]. (In Russ.)

Shimony, A. "Bell's Theorem", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2009 [<http://plato.stanford.edu/entries/bell-theorem>, accessed on 12.11. 2014)].

Smetham, G. *Quantum Buddhism: Dancing in Emptiness – Reality Revealed at the Interface of Quantum Physics and Buddhist Philosophy*. Brighton: Shunyata Press, 2010. 650 pp.

Song, D. "Luna Einšteina" [Moon Einstein], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 2012, vol. 182, no 9, pp. 1013–1014. (In Russ.)

Spasskii, B.I., Moskovskii, A.V. "O nelokal'nosti v kvantovoi fizike" [On the non-locality in quantum physics], *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 1984, vol. 142, no 4, pp. 599–617. (In Russ.)

Stapp, H.P. *Mind, Matter, and Quantum Mechanics*. Berlin: Springer, 1993 (3rd ed. 2009, expanded). 300 pp.

Stapp, H.P. *Mindful Universe. Quantum Mechanics and the Participating Observer*. Berlin: Springer, 2007 (2nd ed. 2011). 226 pp.

Terekhovich, V.E. *Sravnitel'nyi analiz interpretatsii kvantovoi mekhaniki. Raznye vzglyady na kvantovuyu real'nost'* [Comparative analysis of the interpretation of quantum mechanics. Different views on quantum reality], 2014 [http://vtpapers.ru/Papers/InterpretationQM_Terekhovich.pdf, accessed on 09.07.2014]. (In Russ.)

Vaidman, L. *Kontrfaktual'nost' v kvantovoi mekhanike* [Counterfactual in quantum mechanics]. 2010 [<http://milkywaycenter.com/everettica/SVor050614.pdf>, accessed on 15.01.2015]. (In Russ.)

Vainberg, S. *Mechty ob okonchatel'noi teorii. Fizika v poiskakh samykh fundamental'nykh zakonov prirody* [Dreams of a Final Theory. Physics in search of the most fundamental laws of nature]. 2nd ed. M.: Editorial URSS Publ., 2008. 256 pp. (In Russ.)

Vision, G. *Modern Anti-realism and Manufactured Truth*. London: Routledge, 1988. 246 pp.

Wheeler, J.A. "Genesis and observership", *Foundational Problems in the Special Sciences*. Dordrecht: Reidel, 1977, pp. 3–33.

Whitaker, A. *The New Quantum Age: From Bell's Theorem to Quantum Computation and Teleportation*. Oxford University Press, 2012. 408 pp.

Wilber, K. (ed.) *Quantum Questions: Mystical Writings of the World's Great Physicists*. Shambhala Publication, 1984 (rev. ed. 2001). 224 pp.

Yanchilin, V.L. *Kvantovaya nelokal'nost'* [Quantum nonlocality]. Moscow: Krasand Publ., 2010.

Zarechnyi, M. *Nevidimaya glubina Vselennoi: Kvantovo-misticheskaya kartina mira, struktura real'nosti, put' cheloveka* [Invisible depth of the Universe: Quantum-mystical view of the world, the structure of reality, the way of man]. St.Petersburg: Ves' Publ., 2009. 256 pp. (In Russ.)