

Детерминистская интерпретация квантовой механики

В. В. Чернуха

Аннотация

В статье представлена поляризационная интерпретация квантовой механики, дающая на фундаментальном уровне детерминистское описание микросистем, рождающихся в комплексном поляризованном пространстве физического вакуума. В его подпространствах, различающихся направлениями действительных и мнимых измерений, рождаются мультиплеты одинаковых и фазово-коррелированных частиц. Заполненный частицами мультиплет с полным набором таких «индивидуальных» подпространств, играющих роль «скрытых параметров» частиц, является резидентом неполяризованного пространства Вселенной и предметом изучения квантовой механики. Фазовая корреляция рождающихся частиц мультиплета приводит к суперпозиции их волновых функций. Макротело состоит из частиц разных фазово-некоррелированных мультиплетов, и его нельзя рассматривать как квантовую макросистему.

Комплексность пространств Вселенной и физического вакуума позволяет в рамках поляризационной интерпретации квантовой механики устранить ее парадоксы и решить имеющиеся концептуальные проблемы, включая проблемы измерений и селекции. Показано, что уравнение для комплексного волнового скалярного поля, локализованного в комплексном пространстве-времени и порождающего скалярные частицы, редуцируется к двум уравнениям: уравнению Клейна-Гордона-Фока и уравнению Шредингера для волнового поля, описывающего телепортацию частиц, которая связывает Вселенную в единое целое.

1. Введение

Квантовая механика (КМ) успешно используется при исследованиях в различных областях физики, однако концептуальные проблемы, выявившиеся в пору её создания, до сих пор нельзя считать решёнными. В настоящее время существует более десятка интерпретаций КМ, но ни одна из них не способна разрешить все её концептуальные проблемы и выявить природу волнового поля, описываемого уравнением Шредингера. Это относится и к доминирующей сегодня вероятностной (копенгагенской) интерпретации. Поэтому проблема интерпретации КМ отнесена Нобелевским лауреатом В.Л. Гинзбургом к тройке «великих» проблем физики наряду с проблемами «стрелы времени» и редукции живой материи к косной [1].

Наиболее трудной проблемой КМ является проблема измерений. В копенгагенской интерпретации постулируется редукция квантового состояния при измерении. Этот постулат введён для согласования с опытом, где всегда наблюдается лишь одно из альтернативных состояний квантовой системы. Однако редукция (коллапс волновой функции) уравнением Шредингера не описывается. Эта непоследовательность теории стимулировала поиск иных интерпретаций КМ. Измерение стали рассматривать как взаимодействие с прибором, при котором суперпозиция состояний сохраняется, хотя и меняет свою форму. Предполагается, что переход системы из чистого состояния в

смешанное состояние происходит посредством механизма декогеренции [2, 3], которая возникает вследствие запутывания квантовой микросистемы с окружением, рассматриваемым как квантовая макросистема. Это приводит к потере микросистемой квантовой корреляции состояний (декогеренции), результатом которой является переход микросистемы в смешанное состояние. Однако декогеренция не решает проблему селекции альтернативных состояний, происходящей при измерениях. Это стимулировало поиск механизма селекции.

Ещё в 1957 г Г. Эвереттом [4] была предложена «многомировая» интерпретация КМ, исключая редукцию волновой функции. Одна из её формулировок: существуют множества классических миров (эвереттовских миров), соответствующих всем возможным альтернативам. Каждый наблюдатель существует в каждом из эвереттовских миров, где реализуется одно из альтернативных состояний системы, которое он и наблюдает.

В последнее время развитие получила другая гипотеза, в которой альтернативы разделяются сознанием исследователя: субъективно он будет воспринимать лишь одну из альтернативных классических картин мира [5]. При этом подходе стрела времени отсутствует в квантовом мире и возникает только в сознании наблюдателя, воспринимающего альтернативы отдельно. Недостаток такого подхода в том, что используются два плохо понимаемых понятия – разделение альтернатив и сознание. Можно констатировать, что проблему селекции состояний нельзя считать решённой, и необходим дальнейший поиск такой интерпретации КМ, которая снимала бы все её концептуальные проблемы.

Подход, лежащий в основе поляризационной теории, существенным образом отличается от современной концепции фундаментальной физики. Он позволяет расширить область её применения, используя при этом минимальное число фундаментальных констант – скорость света c , постоянную Планка h и гравитационную постоянную G . Это делает невозможным обобщение поляризационной теории, развитой в [6], и позволяет подойти к проблематике КМ с позиций общей теории.

Поляризационная теория строится как отражающее единство мира универсальная монофундаменталистская теория. Поэтому в ней фундаментальные свойства вещества должны быть едины на всех иерархических уровнях, и сочетание предполагаемого индетерминизма на микроуровне и твердо установленного детерминизма на макроуровне неприемлемы, т.е. необходима детерминистская интерпретация квантовой механики.

Для дальнейшего изложения нам понадобится приводимых ниже два из четырех постулатов поляризационной теории и некоторые ее результаты.

1. Природа является порождением процессов во внеприродной субстанции – *нуль-вакууме*, где все физические величины имеют нулевые значения (отсутствуют). Их ненулевые значения возникают в нелокальных процессах с нулевой суммой, названных *поляризационными* и описываемых поляризационными условиями (законами сохранения), которые имеют вид

$$a + b = 0; \quad \vec{a} + \vec{b} = 0; \quad |a + ib| = 0, \text{ т.е. } a = \pm b; \quad \hat{Q}\Psi = 0. \quad (1)$$

Необходимость в этом постулате обусловлена тем, что в принятой парадигме нет ответа на вопрос о происхождении физических систем с ненулевыми характеристиками, в частности, Вселенной с положительной массой. Согласно этому постулату, поляризация времени создает миры частиц и античастиц, различающихся направлением течения

времени. Каждый из этих миров при поляризационном образовании пространственных измерений разделяется на миры частиц с положительной и отрицательной массой. При этом радиус-векторы пространства этих миров удовлетворяют второму соотношению (1). В силу законов сохранения зарядов и массы наша Вселенная должна рождаться вместе с *Антинегавселенной*, содержащей античастицы с отрицательной массой (*негамассой*) – *антинегачастицы*. В отличие от принятых представлений вселенные рождаются как массово-асимметричными, так и зарядово-асимметричными, т.е. проблемы исчезновения антивещества Вселенной не существует.

Согласно [6], образование фермионного вещества Вселенной происходит в 11-мерном пространстве-времени физического вакуума, которое состоит из трех трехмерных физических подпространств и двух временных измерений. Они формируют два четырехмерных пространства-времени, в которых процессы развиваются во времени, и одно трехмерное пространство, где время не поляризовано (т.е. нет двух противоположных направлений времени) и где происходят мгновенно протекающие телепортационные процессы перемещения частиц. В рамках принятых представлений телепортация невозможна, но она играют определяющую роль в приводимом ниже выводе уравнения Шредингера, описывающего нелокальные процессы во Вселенной. К ним относится не находящее сегодня объяснения нелокальное мгновенное взаимодействие частиц ЭПР-пар, являющихся поляризационно рождающимися парами¹.

2. Нет также ответа на вопрос, почему некоторые физические величины действительные, а другие мнимые или комплексные (например, волновая функция). Поэтому постулируется, что в общем случае все физические величины комплексны, т.е. они имеют не только амплитуду, но и фазу. Примером такой величины является волновая функция частиц. Особо важную роль играют комплексные пространство и время с их действительными и мнимыми измерениями. В принятой парадигме направления течения времени физически различны (поляризованы), а направления пространственных измерений неразличимы (*неполяризованное пространство*). Эта асимметрия в поляризационной теории, где пространственные и временные измерения имеют общее поляризационное происхождение, неприемлема и устраняется: предполагается, что и направления пространственных измерений в общем случае физически различны (поляризованы). Пространство с физически различными направлениями действительных и мнимых измерений названо *поляризованным*. Оно состоит из мультиплета комплексных подпространств, различающихся хотя бы одним направлением действительного или мнимого измерения. Таким поляризованным комплексным пространством является центрально-симметричное пространство физического вакуума.

Нам известна действительная компонента комплексного сферически-симметричного пространства Вселенной с физически эквивалентными направлениями измерений (*неполяризованное действительное подпространство*). Мнимая часть неполяризованного комплексного подпространства Вселенной (*неполяризованное мнимое подпространство*) является ее скрытым миром, проявлениями которого в нашем мире являются некоторые

¹ В недавней экспериментальной работе группы Д. Эндрюса [Phys. Rev. Lett., **118**, 133602(2017)] сообщено об обнаружении нелокального рождения частиц ЭПР-пар. Это противоречит принятым представлениям квантовой механики, но подтверждает одно из основных положений поляризационной теории о нелокальном поляризационном рождении физических величин.

феномены, не находящие объяснения в рамках установившихся представлений о мироустройстве.

Поляризационный процесс рождения лептонов и кварков происходит совместно с суперсимметричной частицей, компенсирующей энергию фермиона – со скалярным бозоном с отрицательной массой. В поляризационной теории наряду с известными фундаментальными частицами (лептонами, кварками, некоторыми бозонами), относящимися к первому иерархическому уровню, существует спектр аналогичных фундаментальных частиц более высоких иерархических уровней, размер которых возрастает в e^8 раз при переходе на более высокий иерархический уровень. Поэтому квантово-механические закономерности проявляют себя на всех масштабах.

Частица Вселенной рассматривается как вкрапление физического вакуума в пространство Вселенной, т.е. являются объектом, внутреннее и внешнее пространства которого физически различны, вследствие чего частица имеет резкую границу. Образующиеся в физическом вакууме фундаментальные частицы имеют поляризованное центрально-симметричное комплексное внутреннее пространство и неполяризованное действительное (мнимое) внешнее пространство. Разница физических свойств внешнего и внутреннего пространств порождает комплексную массу частиц, имеющую инертную и гравитационную компоненты, равные, согласно (1), по модулю. В действительном (мнимом) внешнем пространстве Вселенной инертная масса является действительной (мнимой), а гравитационная мнимой (действительной). Поэтому гравитационное взаимодействие в действительном и мнимом подпространствах Вселенной оказывается притяжением, так как квадрат массы и радиус вектора рождающихся в действительном и мнимом пространствах частиц имеют разные знаки.

Согласно [7], множество подпространств физического вакуума делает возможным рождение мультиплетов фазово-коррелированных и невзаимодействующих частиц, различающихся своими индивидуальными подпространствами (*пространственными состояниями*), определяющими направление скоростей рождающихся частиц. Пространственные состояния являются их родовыми метками (скрытыми параметрами). Легко подсчитать, что число различных подпространств поляризованного d -мерного комплексного пространства равно [6]:

$$k_d = 2^{(2^d)}, \quad k_d^2 = k_{d+1} \quad (2)$$

Значение k_d определяет размерность мультиплетного пространственных состояний рождающейся фазово-когерентной системы одинаковых частиц. Пространство самого k_d -плета уже не имеет выделенных направлений, т.е. является неполяризованным комплексным пространством. Фундаментальные частицы рождаются парами с суммарной нулевой энергией. Поэтому в трехмерном комплексном пространстве число пространственных состояний частиц мультиплетного равно $k_3^2 = k_4 \approx 10^5$. В настоящее время поляризованное пространство физического вакуума Вселенной формирует k_4 -плет войдов (пустот), пространство между которыми не поляризовано и заполнено более плотным, чем в войдах, барионным веществом, образовавшим и нашу Галактику. Заполненные частицами k_4 -плеты пространственных состояний становятся резидентами этой неполяризованной части комплексного пространства физического вакуума (и неполяризованного пространства Вселенной) и физическими системами, изучаемыми квантовой механикой.

Квантовая механика не раскрывает природу волнового поля Шредингера, его происхождение. М. Гелл-Манн писал: «Квантовая механика – это полная загадок и парадоксов дисциплина, которую мы не понимаем до конца, но умеем применять» [8]. Уравнение Шредингера получено эвристически. Его волновая функция управляет поведением микрочастиц, но механизм ее взаимодействия с ними не ясен. Волновое Ψ -поле Шредингера не укладывается в наши представления о силовых полях, о переносящих взаимодействия квантах релятивистских полей. Кванты этого скалярного поля не обнаружены, и распространяется оно иначе, чем, скажем, скалярное поле Клейна-Гордона-Фока. Мы сталкиваемся здесь с аномальным полем.

Интерференционные опыты породили представление, что микрочастицы обладают волновыми свойствами, что существует корпускулярно-волновой дуализм. Но природа волновой ипостаси частиц не ясна. М. Борн предположил, что это волна *вероятности*. Эта вероятностная интерпретация КМ, дополненная Н. Бором и названная копенгагенской, является до сих пор доминирующей. Понятие вероятности, тем самым, вводится в мироустройство как его фундаментальное свойство, требующее вероятностного описания материи: точный результат эксперимента не может быть предсказан, но можно предсказать вероятность данного *возможного* его исхода. Одинаковые микрочастицы стали рассматриваться как тождественные (неразличимые) и не имеющие траектории. Свойства микромира и макромира, в котором возможно точное предсказание события, оказались принципиально различными. Такая ситуация для общей монофундаменталистской теории, в которой природа вещества на всех иерархических уровнях должна быть единой, неприемлема.

Отсутствие у частиц траекторий принималось не всеми. Д. Бом [9] предложил дуальное описание частицы: наряду с волновой функцией она имеет и траекторию. При этом статистика траекторий описывается уравнением Шредингера, поэтому предсказания теории Бома и обычной вероятностной интерпретации КМ совпадают. Представление о траектории частиц входит и в трактовку КМ Р. Фейнмана, который считал, что частица перемещается по всем возможным траекториям одновременно.

Поскольку пространственные состояния частиц мультиплета различны, то говорить о тождественности одинаковых частиц неправомерно. В КМ, изучающей усредненные свойства мультиплетов частиц, индивидуальные пространства частиц физического вакуума в пространстве Вселенной себя не проявляют, и одинаковые частицы становятся для нас неразличимыми. Но это не означает, что их следует лишать динамического поведения и такого аспекта как траектория, а мир считать индетерминистским. При поляризационном подходе *все* частицы независимо от размера обладают траекториями, и в этом между частицами микро- и макромира нет принципиальной разницы. Идущие непрерывно процессы исчезновения и рождения частиц мультиплетов приводят к тому, что траектория частицы обрывается, а вместо нее в другой точке появляется новая частица со своей траекторией. Поэтому в квантовой микросистеме нельзя говорить о долгоживущих частицах, которые подобно макрочастицам обладают непрерывной траекторией и плавно меняющейся скоростью. Эти особенности квантовой системы частиц не учитываются при копенгагенской интерпретации КМ, приписывающей частицам перемещение без траекторий и считающей частицы тождественными.

Рождающиеся независимо друг от друга k_d -плеты частиц получают различные фазы и между собой не коррелируют. Совокупности фазово-некоррелированных мультиплетов

образуют макротела, т.е. макротела не являются квантово-коррелированными системами. Это означает, что в поляризационной концепции парадокс «шредингерского кота», основанный на предположении, что кот является фазово-коррелированной системой, исчезает. Макротела образованы связанными частицами. Это делает маловероятным коллективный переход частиц в физический вакуум². И лишь их незначительная часть оказывается в состоянии, в котором возможны поляризационные переходы частиц в физический вакуум и обратно, создающие флуктуации числа частиц макротела. Поэтому сложилось представление, что действительное подпространство Вселенной и есть все ее пространство, а микромир – ее особый мир частиц с необычными свойствами, изучаемыми квантовой механикой. В такой картине комплексному пространству-времени Вселенной места нет, а его фиксируемые проявления отнесены к особым свойствам микрочастиц в действительном пространстве.

2. Поляризационная природа волнового поля Шредингера

Для того чтобы выяснить природу волновой функции частицы, необходимо вывести уравнение Шредингера из общих представлений поляризационной теории о полях и частицах. Поле, описывающее распределение частиц в комплексном неполяризованном пространстве Вселенной, должно учитывать появление и исчезновение в нем частиц. В отсутствие силовых полей перемещение частиц в пространстве происходит посредством поляризационного механизма *телепортации* [6].

В поляризационной теории пространство-время физического вакуума, где рождаются известные частицы, относящиеся к первому иерархическому уровню, имеет 11-измерений и включает два четырехмерных пространства времени и одно трехмерное пространство с неполяризованным временем. В нем происходит мгновенная поляризация пар имеющих противоположные фазы частиц и их античастиц, происходящая без изменения энергии, импульса и момента импульса вещества, и приводящая к телепортации частиц. При этом локализация частиц пары может происходить на любом расстоянии друг от друга, поскольку законы сохранения в общем случае нелокальны. Поэтому после аннигиляции античастицы с частицей вещества частица пары, имеющая ту же фазу, что и исчезнувшая частица вещества, может оказаться на любом расстоянии от места исчезновения последней. В результате происходит как бы мгновенное изменение положения одной из частиц вещества в пространстве, т.е. реализуется процесс телепортации частицы (точнее, информации о ее квантовом состоянии).

При телепортации частица, находящаяся в действительном подпространстве, может перейти в мнимое подпространство, а при другом акте телепортации вернуться в действительное подпространство. Поэтому физическое поле, управляющее процессом телепортации, должно быть комплексным и локализованным в комплексном пространстве. Для радиус-векторов действительного (\vec{r}) и мнимого ($i\vec{r}_i$) подпространств имеем поляризационное условие (1):

$$r = \pm r_i. \tag{3}$$

² В некоторых условиях, по-видимому, возможен переход целых макрообъектов в физический вакуум. Вероятно, такой переход демонстрируют некоторые экстрасенсы, делая предмет невидимым и перемещая его. При обратном переходе он может оказаться в ограниченном со всех сторон стенками пространстве.

Соответственно для комплексного поля $\Psi(\vec{r}, t) + i\Psi_i(\pm i\vec{r}, t)$, описывающего телепортационный механизм соответственно в действительном и мнимом подпространствах Вселенной, поляризационное условие (1) есть

$$\Psi(\vec{r}, t) = \pm\Psi_i(\pm i\vec{r}, t). \quad (4)$$

Рассмотрим нейтральное скалярное поле $\Phi(\vec{r}, t)$, волны которого распространяются в действительном подпространстве Вселенной со световой скоростью c . Появление и исчезновение в нем телепортирующихся скалярных частиц приводит к двум его изменениям: образованию комплексного поля $\chi = \Phi(\vec{r}, t) + i\Psi_i(\pm i\vec{r}, t)$ и его колебательному возмущению f , в результате которого скалярное поле приобретает вид $\chi_f = f\chi$. Как показано в [6, 7], процесс образования (исчезновения) скалярных частиц идет непрерывно в поляризованном комплексном пространстве-времени, мнимую координату времени которого обозначим $i\tau$. Возмущающее поле образующая частица имеет фазу, определяемую числом мнимых квантов действия $imc^2\tau/\hbar$, и ее волновая функция есть

$$f = \exp(\pm i mc^2\tau/\hbar). \quad (5)$$

Колебательное воздействие на волновое поле $\Phi(\vec{r}, t)$, оказываемое рождающимися частицами, приводит к появлению в исходном волновом уравнении $(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta)\Phi(\vec{r}, t) = 0$ источника волн (см. (8)).

В комплексном пространстве операторы также являются комплексными величинами. Согласно [6, 7], поляризационное рождение скалярных частиц описывается комплексным временем $\theta = t \pm i\tau$. Поэтому оператор времени, учитывающий процесс рождения (исчезновения) частиц есть

$$\hat{\xi} = \frac{\partial}{\partial t} \pm i \frac{\partial}{\partial \tau}.$$

Оператор Δ в комплексном пространстве приобретает вид

$$\Delta \pm i\Delta_i \equiv \frac{\partial^2}{\partial \vec{r}^2} \pm i \frac{\partial^2}{\partial \vec{r}_i^2}; \quad \Delta = \pm i\Delta_i \quad (6)$$

Аналогом оператора волнового уравнения в комплексном пространстве-времени является оператор

$$\hat{Q} = \frac{1}{c^2} \left(\frac{\partial}{\partial t} \pm i \frac{\partial}{\partial \tau} \right)^2 - (\Delta \pm i\Delta_i).$$

Возмущенное скалярное поле χ_f определяется поляризационным соотношением

$$\hat{Q} \chi_f = 0. \quad (7)$$

С учетом (5) получаем уравнение для нахождения комплексного поля χ . Разделяя в (7) операторы действительного и мнимого подпространств, для компонент поля χ получаем следующие уравнения:

$$\left[\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \left(\frac{mc}{\hbar} \right)^2 - \Delta \right] \Phi(\vec{r}, t) = 0; \quad (8)$$

$$\left(\frac{2m}{\hbar} \frac{\partial}{\partial t} \pm i\Delta_i \right) \Psi_i(\pm i\vec{r}, t) = 0. \quad (9)$$

Уравнение (8) является уравнением Клейна-Гордона-Фока. Оно представляет собой волновое уравнение с источником $\left(\frac{mc}{\hbar} \right)^2 \Phi(\vec{r}, t)$, происхождение которого связано с появлением в области локализации скалярного поля массивных скалярных частиц. Из уравнения (9), учитывая (4) и (6), получаем уравнение для действительной части телепортационного поля $\Psi(\vec{r}, t)$:

$$\left(i \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\hbar}{2m} \Delta\right) \Psi(\vec{r}, t) = 0. \quad (10)$$

Так как оператор импульса $\hat{p} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \vec{r}}$, то уравнение (10) приобретает вид уравнения Шредингера для свободной нерелятивистской частицы

$$\left(i\hbar \frac{\partial}{\partial t} - \frac{\hat{p}^2}{2m}\right) \Psi(\vec{r}, t) = 0. \quad (11)$$

При наличии локального взаимодействия посредством силовых полей с потенциальной энергией частицы U оператор энергии принимает вид $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + U$.

Таким образом, волновое поле $\Psi(\vec{r}, t)$ описывает телепортационный механизм перемещения в действительном пространстве Вселенной частицы ее вещества. Этим объясняется нелокальность поля $\Psi(\vec{r}, t)$, не находящая объяснения в квантовой механике. На нелокальность поля Ψ указывалось в [10], когда говорилось о его свойстве мгновенно связывать «все части мирового целого».

Как известно, поле Ψ определяет плотность частиц в действительном пространстве Вселенной. Если частица приобретает действие $\Sigma = \vec{p}\vec{r} - Et$, то ее волновая функция $\psi = e^{i\Sigma/\hbar}$ меняет поле Ψ , которое становится комплексным полем $\Psi = \psi\tilde{\Psi}$ ($\tilde{\Psi}$ – действительное поле). Из уравнения (9), приравнявая нулю его действительные и мнимые части, получаем два уравнения [11]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Sigma}{\partial t} + \frac{1}{2m} (\vec{\nabla} \Sigma)^2 + U - \frac{\hbar^2 \Delta \tilde{\Psi}}{2m \tilde{\Psi}} &= 0; \\ \frac{\partial \tilde{\Psi}}{\partial t} + \frac{\tilde{\Psi}}{2m} \Delta \Sigma + \frac{1}{m} \vec{\nabla} \Sigma \cdot \vec{\nabla} \tilde{\Psi} &= 0. \end{aligned}$$

Поскольку $\frac{\partial \Sigma}{\partial t} = -E$, а $\vec{\nabla} \Sigma = \vec{p}$, то из первого уравнения в случае малых квантовых эффектов ($\hbar \rightarrow 0$) получаем классическое уравнение энергии. Если второе уравнение записать в форме

$$\frac{\partial \tilde{\Psi}^2}{\partial t} + \text{div} \left(\frac{\vec{\nabla} \Sigma}{m} \tilde{\Psi}^2 \right) = 0,$$

то $\tilde{\Psi}^2 = |\Psi|^2$ удовлетворяет уравнению непрерывности. Так как в равновесных условиях переходы частиц из действительного подпространства в мнимое компенсируют друг друга (т.е. имеет место закон сохранения числа частиц в действительном подпространстве), то плотность частиц $n \sim |\Psi|^2$, и фаза частиц не влияет на их плотность.

При совместном рождении суперсимметричных пар фермион-антифермион и антифермион-бозон и телепортации становится возможной параллельная телепортация бозонных и фермионных частиц, определяемая рассмотренным взаимодействием скалярных частиц с комплексным волновым скалярным полем.

Правила коммутации. Важными квантово-механическими соотношениями являются правила коммутации операторов. Покажем, что они имеют поляризационную природу.

Коммутационные соотношения для импульса и координаты имеют вид:

$$\hat{p}_i x_k - x_k \hat{p}_i = -i\hbar \delta_{ik} \quad (i, k = x, y, z)$$

Коммутация нарушается, если импульс направлен вдоль радиус-вектора:

$$\hat{p}\vec{r} - \vec{r}\hat{p} = -i\hbar \quad \left(\hat{p} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \vec{r}}\right)$$

В этом случае возможна поляризация комплексного действия и переход частицы в мнимое подпространство, в результате чего ее действие становится комплексным. Частица исчезает из действительного пространства, получая действие $-i\hbar$. В мнимом

подпространстве-времени к ее оператору действия $\vec{r}\hat{p}$ добавляется, в силу (1), квант действия $-i\hbar$. Поэтому в комплексном пространстве-времени физического вакуума оператором действия является $\hat{p}r$, т.е. в поляризационной теории нарушение коммутации связано с пребыванием частиц вещества в комплексном пространстве.

Соотношение неопределенности. Соотношение неопределенности Гейзенберга, являющееся краеугольным камнем квантовой механики, утверждает невозможность точного измерения координаты и импульса частицы. Если для определения параметров состояния частицы нужно произвести два измерения (например, измерить скорости или изменения энергии), то второе измерение будет производиться над частицей, изменившей свое состояние, что делает невозможным точное измерение второго параметра.

Свое соотношение неопределенностей присуще и самой измеряемой квантовой системе, в которой возникает разброс ее параметров в результате поляризационного взаимодействия трех и более частиц квантовой системы.

Рассмотрим поляризационное взаимодействие двух частиц пучка, имеющих координаты r_0 и импульсы p_0 , с третьей частицей, при котором она отдает $2N$ квантов действия паре частиц. При поляризационном изменении их импульсов и координат действия частиц пары $\Sigma_0 = p_0 r_0$ становятся равными $\Sigma_1 = (p_0 + \delta p)(r_0 + \delta r) = N_1 \hbar$ и $\Sigma_2 = (p_0 - \delta p)(r_0 - \delta r) = N_2 \hbar$. Для изменения действия получаем соотношение

$$\Sigma_1 + \Sigma_2 - 2\Sigma_0 = 2\delta p \delta r = (N_1 - N_2)\hbar = 2N\hbar.$$

Для средних параметров пучка частиц обусловленный поляризационным механизмом разброс параметров принимает вид соотношения неопределенности:

$$\langle \delta p \delta r \rangle = \langle N \rangle \hbar.$$

Этот поляризационный механизм приводит к изменению параметров частицы во времени, и может менять ее состояние в промежутке между двумя производимыми над ней измерениями, внося свой вклад в соотношение неопределенности.

Мы видим, что поляризационная концепция мироустройства позволяет интерпретировать природу волнового поля Шредингера, коммутационных соотношений и соотношения неопределенности.

3. Об интерференции и корпускулярно-волновом дуализме

Интерференционная картина рассеяния пучка элементарных частиц, получаемая при его прохождении через щели экрана, породила представление о корпускулярно-волновой природе микрочастиц, отличающей их от макрочастиц. Свободное движение электрона описывается осциллирующей волновой функцией. Однако не удалось выяснить, с каким свойством частиц связана их волновая ипостась.

В поляризационной теории телепортирующаяся частица является объектом, возмущающим волновое комплексное скалярное поле. Она вызывает его колебания с частотой, определяемой поляризацией действия между полем и частицей, т.е. ее волновые проявления связаны не с внутренней природой частицы, а с взаимодействием с волновым полем. Поэтому представление о корпускулярно-волновом дуализме частиц в поляризационной теории отсутствует.

Интерференция. При прохождении пучком частиц щелей в экране интерференционная картина на приемном экране создается интерференцией скалярного волнового поля, телепортационная компонента которого определяет интерференционное

распределение частиц. Эта картина не связана с коллективными свойствами пучка, так как она, как показывает опыт, образуется и при прохождении щелей одиночными частицами, следующими через произвольные интервалы времени. Она, как показано выше, есть результат взаимодействия в комплексном пространстве рождающихся и исчезающих частиц с волновым скалярным полем.

До щелей и после них пространственное распределение волнового поля различно, т.е. имеет место переход пучка частиц в иное равновесное распределение плотности. Этот переход может совершаться и телепортационным механизмом.

Загадочной в интерференционных экспериментах является сила, заставляющая частицу при прохождении щели изменять направление своего движения. В [6] эта сила названа *поляризационно-реактивной*. Она возникает при изменении массы частиц, т.е. в неравновесном состоянии, являясь механизмом поддержания равновесного состояния поляризационно образованной системы или ее перехода в новое состояние равновесия.

Рассмотрим возможный и не требующий затрат энергии поляризационный механизм изменения направления движения частиц в щели. Пусть это изменение происходит при движении частицы по траектории вращения с угловой частотой ω .

Коллективное вращение системы частиц вызывает реакцию физического вакуума в виде сопутствующего им потока квазичастиц, вращающегося с той же, что и частицы, угловой скоростью ω . Будем считать, что квазичастицы обладают комплексной массой $m = m_0 e^{i\omega t}$, характеризующей периодический процесс рождения и исчезновения частиц с массой m_0 . Изменение массы порождает поляризационно-реактивную силу $f = \frac{dm}{dt} u_\varphi$ и инициирует мнимое тангенциальное ускорение квазичастиц

$$a_\varphi = \frac{dm}{mdt} u_\varphi = i\omega u_\varphi,$$

поляризующееся вместе с действительным радиальным ускорением, равным, согласно (1),

$$a_r = \pm i a_\varphi = \mp \omega u_\varphi$$

и создающим действующую на частицу вещества действительную радиальную силу, которая в зависимости от особенностей равновесного состояния может быть как центробежной, так и центростремительной.

Согласно [6], в случае вращения отдельных частиц в их удержании принимают участие скалярные частицы, названные пленами и антинегапленонами. В [6] при рассмотрении поляризационного механизма пленения цвета – удержания кварков в адронах – получено значение массы плена $m_0 = 468 \text{ МэВ}/c^2$. Равновесная масса пленов определяет частоту их осцилляций и энергию кванта их скалярного поля, следующую из поляризационного соотношения (закона сохранения) для энергии:

$$m_0 c^2 + \hbar \omega = 0.$$

Для радиальной силы получаем величину, не зависящую от расстояния:

$$f = m_0 a_r = \mp m_0 \omega u_\varphi = \pm m_0^2 c^2 u_\varphi / \hbar.$$

Здесь u_φ – скорость, при которой образуется вращающаяся частица. Она определяется одним из трех поляризационных углов θ_p , определяющих скорость рождающейся частицы: $\beta = \frac{u_\varphi}{c} = \sin \theta_p$. Таким образом, поляризационно-реактивная сила не зависит от знака массы частиц, и реактивные силы, создаваемые парой, складываются.

Поляризационно-реактивная сила компенсирует действующую на вращающуюся частицу центробежную силу $F = M \omega u_\varphi$. Отсюда следует, что $\omega = \frac{2m_0^2 c^2}{M \hbar}$. Угловая частота оказывается не зависящей от радиуса орбиты частицы, т.е. возможно изменение направления движения частицы при ее прохождении через узкую щель. Разное время действия поляризационно-реактивной силы делает возможным распределение частиц по

углам поворота, нужное для создания волновым полем Шредингера интерференционной картины.

4. Детерминистская интерпретация квантовой механики

Согласно копенгагенской интерпретации квантовой механики, суперпозиция волновых функций отражает свойства одной частицы, которая может пребывать одновременно в разных квантовых состояниях. Копенгагенская интерпретация предполагает, что волновая функция дает вероятностное описание индивидуальной микросистемы. Однако такая интерпретация не удовлетворяет многих физиков, поскольку не дает ответа на ряд принципиальных вопросов. В частности, ей присущи следующие два парадокса [12]: (а) поведение отдельного объекта непредсказуемо, но квантовая механика с любой точностью может описать поведение ансамбля таких объектов, и (б) в ЭПР-экспериментах оказывается возможно предсказать (в пределе со стопроцентной точностью) исход индивидуального события, т.е. события, не имеющего причины.

Эйнштейновская интерпретация волновой функции дает вероятностное описание одинаковых микросистем, т.е. выводы квантовой механики нельзя относить к индивидуальным микросистемам. Это значит, что квантовая механика не обладает полнотой описания, т.е. возможно существование ненаблюдаемых переменных (*скрытых параметров*), позволяющих получить более детальное описание материи. Согласно этому подходу, на более глубоком уровне фундаментальной физики возможно ее детерминистское описание, которое после усреднения по скрытым параметрам перейдет в квантовое. Средние значения физических величин в такой теории должны совпадать с квантовыми средними. О желательности создания детерминистской теории микроявлений, которая включала бы в себя квантовую механику, говорили также Шредингер, де Бройль, Бом и ряд других выдающихся физиков. Как отмечалось выше, в поляризационной теории такими скрытыми переменными частиц являются их индивидуальные пространственные состояния – подпространства физического вакуума, которые определяют направления скорости рождающихся в них частиц, а усреднение по скрытым переменным («родовым» меткам частиц) происходит при заполнении k_d -плета пространственных состояний (и векторов скоростей частиц), в составе которого они переходят в пространство Вселенной, становясь предметом изучения КМ. Поляризационная интерпретация КМ является, таким образом, конкретизацией эйнштейновской концепции квантовой механики.

Процесс рождения частиц k_d -плета является фазово-коррелированным, что делает возможным суперпозицию их квантовых состояний. Волновые функции частиц в каждом из пространственных состояний мультиплета можно рассматривать как их собственные функции. Совокупность всех собственных функций мультиплета является полной системой функций. Это позволяет интерпретировать волновую функцию мультиплета как суперпозицию волновых функций его частиц, локализованных в разных пространственных состояниях. В каждом пространственном состоянии с той или иной вероятностью располагается частица мультиплета.

Квантовая механика применяется к описанию в неполяризованном действительном пространстве частиц, рожденных в поляризованном пространстве физического вакуума, что делает квантово-механическое описание неполным, не учитывающим «родовые»

метки частиц и комплексность пространства. Так как при предпринятых на заре становления КМ попытках построить квантовую механику реальных частиц возможность существования скрытого пространства и перехода в него частиц не рассматривалась, то постулировалось требование сохранения квантово-механической вероятности. Поскольку оно для реальных частиц не выполнялось, то была развита квантовая теория в приближении точечных частиц, в которой эта вероятность сохранялась. Это приближение исключает из рассмотрения внутреннее поляризованное комплексное пространство частиц (и, как следствие, их «родовые» метки), а также их межпространственные переходы. Поляризационный подход позволяет не требовать сохранения квантово-механической вероятности, открывая возможность разработки детерминистской квантовой механики реальных частиц.

5. ЭПР-эксперименты

Мысленный эксперимент Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР-парадокс) [10] был поставлен с целью разграничения двух принципиально различных интерпретаций КМ – вероятностной и детерминистской. Различить обе позиции отдельным опытом нельзя, поскольку вероятностные предсказания могут быть проверены только в результате обработки серии опытов.

Анализируя эту дилемму, Дж. Белл в 1964 г. пришёл к выводу [13]: теории со скрытыми параметрами, которые воспроизводят все результаты КМ, должны быть нелокальными, т.е. измерения, производимые в одной точке, должны влиять на измерения в другой точке. Полученные им неравенства справедливы для любой статистической системы, в которой невозможно распространение сигнала со сверхсветовой скоростью, а значит, невозможна и телепортация частиц.

Эксперименты с ЭПР-парами показали, что неравенства Белла нарушаются, и это было расценено как подтверждение копенгагенской интерпретации, в которой частица считается нелокализованным объектом. При поляризационном подходе ЭПР-пары являются поляризационными образованиями. Например, электрон-позитронные пары рождаются с сохранением энергии и нулевых значений заряда, импульса. Так как при телепортационном механизме перемещения частиц нет релятивистских ограничений на скорость передачи информации, то неравенства Белла не применимы, и их нарушение не свидетельствует против поляризационной интерпретации КМ и детерминистского описания микросистем.

Удовлетворительного объяснения корреляции ЭПР-пар, частицы которых находятся на пространственно-подобных интервалах, в рамках Стандартной модели элементарных частиц до сих пор не найдено. В поляризационной теории, основанной на нелокальных законах сохранения, такой механизм корреляции существует.

ЭПР-пара представляет собою поляризационно образованную равновесную систему, в которой при свободном разлёте частиц сохраняются ее начальные параметры: импульс, энергия, спин, заряд, действие. Сохранение действия разлетающейся пары частиц требует, чтобы её волновая функция выражалась через произведение волновых функций её частиц, пропорциональных $e^{i\Sigma_{1,2}/\hbar}$, где $\Sigma_{1,2}(t)$ – действия частиц 1 и 2, удовлетворяющие поляризационному условию $\Sigma_1 + \Sigma_2 = 0$. Для таких частиц принято использовать термин «запутанные частицы».

В основе Стандартной модели лежат локальные взаимодействия, осуществляемые полями, распространяющимися со скоростью света. Поэтому распространение информации и взаимодействие частиц на пространственно-подобных интервалах считаются невозможными. Эксперименты с ЭПР-парами указывают на ограниченность такого подхода. Поляризационная теория же рассматривает и нелокальные взаимодействия, не зависящие от расстояния между частицами.

Фазово-коррелированное состояние ЭПР-пары поддерживается нелокальными поляризационными механизмами. Она сохраняет исходные характеристики пары независимо от расстояния между частицами ЭПР-пары. Поэтому если измерить параметры одной из частиц, то в тот же момент времени станут известны параметры другой частицы, как бы далеко она не находилась. Силовое воздействие на частицу пары при измерении приведет к корректирующему воздействию на другую ее частицу посредством независимой от расстояния поляризационно-реактивной силы. Коррелированность ЭПР-пары предоставляет возможность телепортации информации, например, кодируя ее посредством вариации расстояния, проходимого частицами ЭПР-пар.

Таким образом, поляризационная теория позволяет конкретизировать механизм корреляций в ЭПР-экспериментах, не вступая в противоречие с детерминистской интерпретацией квантовой механики.

6. Проблемы измерений и селекции квантовых состояний

Проблема измерения является наиболее трудной из концептуальных проблем КМ, так как её не удаётся решить, оставаясь в рамках квантовой механики. Предлагаются различные подходы. Один из них основан на гипотезе спонтанной декогеренции [14], в которой в уравнение Шредингера включается описывающий её стохастический член. В этом случае декогеренция не связана с окружением и происходит спонтанно без внешнего влияния. С первых лет существования КМ выдвигались гипотезы о необходимости включения в неё наблюдателя [15] или его сознания, которое может влиять на реальность [16]. Как отмечалось выше, в последнее время роль сознания в интерпретации КМ обсуждается довольно широко (см. литературу в [5]), несмотря на то, что понимание феномена сознания отсутствует. В проблеме измерений наиболее важными являются два вопроса: (1) как чистое состояние квантовой системы переходит в смешанное и (2) как происходит наблюдаемая в эксперименте селекция квантовых состояний системы. Покажем, что для ответа на них нужно учесть комплексность пространства-времени Вселенной.

Образование смешанного состояния. Рассмотрим измерение как поляризационный процесс, в котором участвуют частицы пучка и сенсора прибора. Для того чтобы реагировать на частицу, сенсор должен находиться в состоянии, близком к неустойчивому равновесию. Например, в камере Вильсона, сенсором является пересыщенный пар, а результатом измерения является траектория частицы. Частица может взаимодействовать с веществом сенсора двумя механизмами: посредством локального силового взаимодействия и дистанционного поляризационного взаимодействия. Разница между ними в том, что первое взаимодействие реализуется в действительном подпространстве-времени, а второе – в мнимом, во время нахождения в нем частицы пучка и

флуктуирующей части частиц сенсора. Приобретая в мнимом подпространстве мнимую компоненту действия $i\Sigma$, частица пучка меняет амплитуду волновой функции своего квантового состояния на фактор $e^{-\Sigma/\hbar}$. При этом действительная компонента действия меняет фазу частицы, и она переходит в фазово-некоррелированное состояние. При возвращении частиц в действительное подпространство в разложении волновой функции $\Psi = \sum_n a_n \psi_n$ по собственным функциям ψ_n произойдет изменение коэффициентов a_n .

В разработанной сегодня квантовой механике частиц, локализованных в действительном пространстве, рассмотренный переход отсутствует, и коэффициенты a_n не зависят от времени. Для чистого состояния квантовой системы имеет место соотношение (см., например, [11])

$$(a^2)_{mn} = a_{mn}; \quad a_{mn} = a_m a_n^*. \quad (12)$$

Так как значение a_{mn} в рассматриваемом поляризационном процессе меняется на фактор $e^{-2\Sigma/\hbar}$, то равенство (12) нарушается. В результате измеряемая квантовая система переходит в смешанное состояние, а измеряемая частица выпадает из ансамбля фазово-коррелированных частиц.

При измерении экспоненциально уменьшается амплитуда волновой функции (коллапсирует), но сама волновая функция и содержащаяся в ней информация не исчезают. Таким образом, представление о редукции волновой функции содержится в самой поляризационной интерпретации квантовой механики, а не вносится извне как в ее копенгагенской интерпретации.

Селекция. Рассмотренное поляризационное взаимодействие частиц квантовой системы происходит с частицей прибора, находящейся в одном из возможных квантовых состояний в течение времени ее пребывания в мнимом подпространстве-времени. Это взаимодействие сопровождается экспоненциальным ростом амплитуды квантового состояния «измеряющей» частицы сенсора, приводящей к реакции прибора. Если во взаимодействии с прибором участвуют сразу несколько квантовых состояний, то их экспоненциально растущие воздействия на прибор будут конкурентными, и классический прибор отреагирует на то из них, которое первым достигнет уровня воздействия, вызывающего отклик прибора, т.е. произойдет измерение этого квантового состояния – его селекция. Селекция и коллапс волновой функции это две стороны одного процесса. Значения коэффициентов a_n определяют вероятность данному квантовому состоянию системы участвовать в поляризационном взаимодействии с прибором, так как у классического прибора (в отличие от квантовой системы) селективность измерения отсутствует.

7. Заключение

Поляризационная интерпретация квантовой механики базируется на постулатах о комплексности всех физических величин и их происхождении из нуль-вакуума посредством поляризационных процессов, сохраняющих нулевое суммарное значение поляризующейся физической величины. Эти законы сохранения являются нелокальными. Одним из механизмов, сегодня интерпретациями квантовой механики не учитываемых, является телепортация частиц, играющая важную роль в поляризационной теории и позволяющая объяснить нелокальную природу волновой функции.

Известные фундаментальные частицы являются вкраплениями поляризованного комплексного пространства физического вакуума в неполяризованное действительное пространство и рождаются мультиплетами, размерность которых определяется размерностью физически различных подпространств пространства физического вакуума. Частица мультиплета рождается в одном из таких подпространств физического вакуума, которое определяет направление ее скорости, являющееся скрытым параметром частицы в пространстве Вселенной. При поляризационном подходе независимо от своего размера частицы имеют координаты, скорости и траектории, а квантовая механика является детерминистской.

Из волнового уравнения комплексного скалярного поля, локализованного в комплексном пространстве-времени и возмущаемого телепортацией частиц, вытекают уравнения Клейна-Гордона-Фока и Шредингера. Поляризационный механизм телепортации делает всю Вселенную связанной воедино. Вывод уравнения Шредингера из общих закономерностей мироустройства получен впервые.

В монофундаменталистской поляризационной теории представление о корпускулярно-волновом дуализме микрочастиц не может быть принято, как противоречащее установленной природе частиц на макроуровне. Частицы на всех иерархических уровнях являются корпускулами, а волновые проявления частиц обусловлены их взаимодействием с комплексным волновым скалярным полем.

Современная теоретическая физика, в том числе, и квантовая механика, изучает свойства вещества, локализованного в действительном пространстве, и не рассматривает межпространственные переходы частиц, возможные в комплексном пространстве и при которых квантово-механическая вероятность может не сохраняться. Квантовая механика, в которой частица рассматривается как точка, не в состоянии объяснить свойства микромира, обусловленные существованием внутреннего комплексного пространства реальных частиц, в частности, существование скрытых параметров. Эта ограниченность представлений о пространстве-времени приводит к появлению ряда концептуальных проблем и парадоксов в интерпретациях квантовой механики. При поляризационном детерминистском подходе их удается избежать.

С межпространственными переходами в комплексном пространстве-времени связано нарушение коммутации физических величин, а также селекция квантовых состояний и редукция волновой функции при измерениях, приводящая к переходу чистого состояния микросистемы в смешанное состояние.

Показано, что поляризационные механизмы приводят к соотношению неопределенности, не связанному с процессом измерения.

При поляризационной интерпретации ЭПР-экспериментов, учитывающей сверхсветовую телепортацию частиц, теорема Белла не применима и не накладывает запрета на детерминистскую интерпретацию квантовой механики.

Эти результаты показывают возможность обобщения квантовой механики на реальные частицы и ее детерминистской интерпретации, если учитывать комплексность пространства-времени Вселенной.

Список литературы

1. Гинзбург В.Л., УФН **174**, 1240(2004).

2. Zurek W.H., Phys. Rev. D **26**, 1862 (1982).
3. Zeh H.D., Fund. Phys. Letts. **1**, 69 (1970).
4. Everett H., Rev. Mod. Phys. D **48**, 454 (1957).
5. Менский М.Б., УФН **170**, 631 (2000).
6. Чернуха В.В., Поляризация теория Мироздания. Атомэнергоиздат, Москва (2008), 658 с.
7. Гелл-Манн М., Фундаментальная структура мира. –М., Мир (1984)
8. Bohm D., Phys. Rev. **85**, 180 (1952).
9. Чернуха В.В., О природе массы и заряда фундаментальных частиц, www.ptm2008.ru
10. Einstein A., Podolsky B., Rosen N., Phys. Rev. **47**, 777 (1935). Пер. на русский УФН **16**(4) 440 (1936).
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Квантовая механика. Нерелятивистская теория. Государственное издательство физико-математической литературы, Москва (1963), 702 с.
12. Спасский Б.И., Московский А.В., УФН **142**, 599 (1984).
13. Bell J.S., Physics **1**, 195 (1964).
14. Ghirardi G., Rimini A., Weber T., Phys. Rev. D **34**, 470 (1986).
15. Laurikainen K.V., Beyond the Atom: The Philosophical Thought of Wolfgang Pauli.- Berlin: Springer-Verlag, (1986).
16. Wigner E.P., In Quantum Theory and Measurement (Eds J.A.Weeler, Zurek) Princeton: Princeton University Press (1986).

30.11.13. Изменения внесены 14.04.17.

Deterministic interpretation of quantum mechanics

Annotation

The article presents the polarization interpretation of quantum mechanics, which at a fundamental level provides a deterministic description of microsystems that are born in the polarizing complex space of the physical vacuum. In its subspaces, which differ in directions of the real and imaginary dimensions, multiplets of equal and phase-correlated particles are produced. A multiplet with a complete set of such "individual" subspaces, playing the role of "hidden variables" of the particles, is a resident of University unpolarizing space and the subject of the study of quantum mechanics. The phase correlation of the produced particles of multiplet leads to a superposition of their wave functions. Macrobody consists of particles of different phase-uncorrelated multiplets, and should not be considered as a quantum macrosystem.

The complexity of the Universe and the physical vacuum spaces allows, within the framework of the polarization interpretation of quantum mechanics, to eliminate its paradoxes and solve existing conceptual problems, including measurement and selection problems. It is shown that the equation for the complex wave scalar field, localized in a complex space-time and generating scalar particles in it, is reduced to two equations: the Klein-Gordon-Fock and the Schrödinger equation for the wave field describing the teleportation of particles that binds the Universe into a single whole.