

УДК 53.01; 53.02

*А. В. Белинский,¹ Ю. С. Владимиров²***РЕЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ**

Явления интерференции и диффракции света, а также элементарных частиц, рассматриваются как свидетельства крушения пригодности классических пространственно-временных представлений для их описания. Эти и ряд других явлений физики микромира предлагается понимать как свидетельства необходимости замены общепринятой теоретико-полевой (копенгагенской) интерпретации квантовой механики на интерпретацию в рамках реляционной парадигмы, основания которой были заложены в трудах Г. Лейбница и Э. Маха, а в XX веке развивались Я.И. Френкелем, Р. Фейнманом и рядом других авторов в виде теории прямого межчастичного взаимодействия (в рамках концепции дальнего действия). Для дальнейшего развития этого направления исследований подготовлен математический аппарат в виде бинарных систем комплексных отношений, не опирающийся на традиционные понятия пространства-времени. На основе этого аппарата ставится обратная задача – вывода из закономерностей физики микромира понятий классического пространства-времени, имеющему силу лишь при описании достаточно сложных макрообъектов.

Ключевые слова: интерпретации квантовой теории, реляционная природа пространства-времени, концепция дальнего действия, теория бинарных систем комплексных отношений, физические взаимодействия.

PACS: 03.65 Ca, 03.65 Fd, 03.65 Ta

Введение

Обозревая более чем вековую историю квантовой теории, следует признать, что несмотря на очевидные успехи ее развития, так и не удалось выработать сколь-нибудь удовлетворительную интерпретацию, всесторонне описывающую все многообразие квантовых эффектов. В подтверждение можно привести слова Р. Фейнмана: “Но мне кажется, я смело могу сказать, что квантовой механики никто не понимает” [1].

Наиболее популярной оказалась копенгагенская интерпретация, фактически отказывающаяся от модельных интерпретаций вообще и ставящая запрет на определенного рода вопросы, прямо вытекающие из традиционно понимаемого здравого смысла.

Сложившаяся ситуация все более подталкивает к пересмотру фундаментальнейших понятий современной физики. Так что речь заходит уже о времени и пространстве (см., например, [2, 3]). Ставится вопрос: следует ли продолжать подкладывать априорно заданное классическое пространство-время под все наши теоретические построения, или нужно стремиться их вывести из неких более глубоких понятий и принципов, самым непосредственным образом связанных с физикой микромира?

**1. Эффекты интерференции как свидетельство крушения пространственно -
временных представлений при описании света и микрочастиц**

В качестве иллюстрации крушения классических пространственно-временных представлений при описании света и элементарных частиц приведем интерференционные квантовые эффекты.

Очевидно, что суть пространственных представлений состоит в различии, разделении друг от друга материальных объектов, которые могут во всем другом быть одинаковыми. В физике микромира таковыми следовало бы рассматривать квантовые частицы. Подчеркнем, что в современной квантовой физике фотоны рассматриваются как бозонные частицы – переносчики электромагнитного взаимодействия. Но как измерить их пространственные координаты?

1. Возьмем двухщелевой экран Юнга и осветим его слева одиночным фотоном (или другой одиночной квантовой частицей), как это показано на рис.1. Сразу за щелями установим по детектору. По сигналу с одного из них мы узнаем какую щель преодолела частица, то есть измерим ее состояние в пространстве. Ясно, что если частица одна, то может сработать лишь один из детекторов, что подтверждает неделимость квантовой частицы.

¹E-mail: belinsky@inbox.ru

²E-mail: yusvlad@rambler.ru

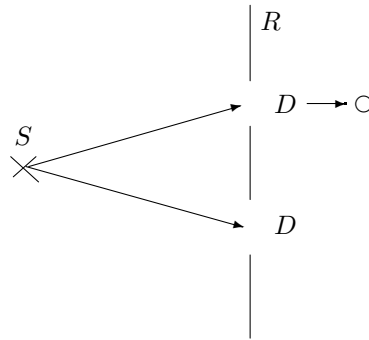


Рис. 1. Регистрация одиночной частицы одним из детекторов за двухщелевым экраном

2. Отодвинем теперь регистраторы от экрана на расстояние, превышающее расстояние между щелями. Вероятность теперь обнаружения частицы будет описываться характерной интерференционной зависимостью, доказывающей пребывание неделимой частицы одновременно в двух щелях (рис. 2). Помимо этого парадоксального для классической физики результата важно то, что любая попытка определить через какую щель прошла частица, то есть идентификации ее в пространстве ведет к уничтожению ее существеннейшего свойства – интерференции самой с собой.

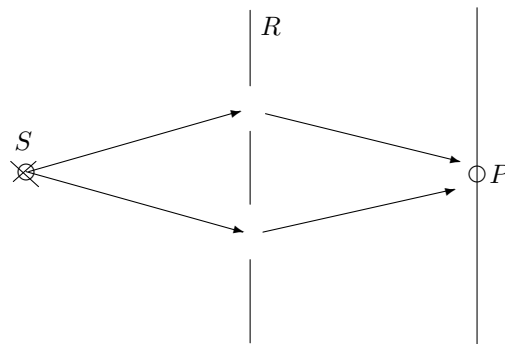


Рис. 2. Интерференционная вероятность регистрации одиночной частицы за двухщелевым экраном Юнга

Итак, мы не можем использовать ее “пространственных” свойств, не уничтожив интерференционных. Иначе мы не можем определить ее место в пространстве, то есть ответить на кардинальный и определяющий пространство вопрос: “где?”, не разрушив создаваемого ею интерференционного эффекта. Не означает ли это, что она находится вне классических пространственных отношений?

3. Аналогичный вопрос можно адресовать и времени. Рассмотрим интерферометр Маха-Цендера, также освещаемый одиночным фотоном (рис. 3). Вероятность его появления на одном из двух выходов и регистрации одним из детекторов определяется опять же интерференционной зависимостью от разности фазовых задержек в плечах интерферометра, то есть какое из плеч фотон проходит быстрее, а какое медленнее. Но, может быть, можно определить по какому плечу пролетел фотон, измеряя интервал времени от его рождения до детектирования? Да, это сделать можно, но при этом интерференция исчезнет, поскольку точное знание момента времени рождения фотона делает его широкополосным, что уничтожает интерференцию.

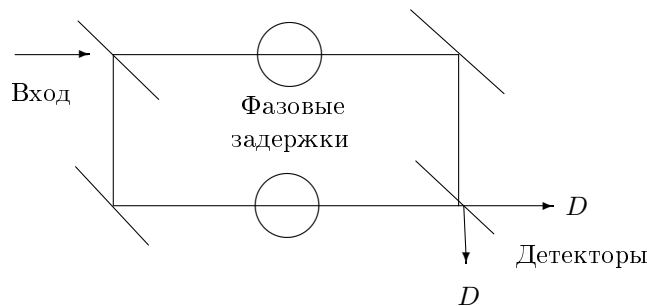


Рис. 3. Интерферометр Маха-Цендера

Итак, попытки ответить на определяющий время как понятие вопрос: “быстрее – медленнее?” или: “раньше – позже?” разрушает интерференционный эффект, то есть характернейшее свойство квантовых частиц в отличие от классических. Не означает ли это, что фотон находится вне классических временных представлений?

4. К этому следует добавить и практически экспериментально доказанный факт априорного отсутствия определенных значений измеряемых величин до момента их регистрации в квантовых измерениях (см., например, [4, 5, 6]). Этот результат подтверждает мысль о “внеклассически временном” существовании квантовых объектов, поскольку вне классического времени отсутствует и понятие априорности.

Когда же квантовая частица проявляется в нашем макроскопическом пространстве-времени? Очевидно, в момент ее измерения макроскопическим измерительным прибором, разумеется, находящимся в макроскопическом пространстве-времени.

5. Наконец, напомним часто обсуждаемый эффект мгновенной редукции волновой функции или вектора квантового состояния системы при измерении, когда волновой фронт, скажем реликтового фотона, могущий принимать огромные размеры со времени его рождения, вдруг схлопывается со сверхсветовой скоростью при его регистрации практически в точку. Этот парадоксальный с точки зрения СТО эффект возникает только при допущении реальности волнового фронта в априори заданном пространстве-времени.

2. Фейнмановская интерпретация принципа Гюйгенса

Можно пойти еще дальше, задаться вопросом: а является ли фотон частицей, агентом, передающим электромагнитное взаимодействие? В теории прямого межчастичного взаимодействия, развивавшейся А. Фоккером, Я. И. Френкелем, Р. Фейнманом и рядом других авторов, взаимодействие между объектами осуществляется непосредственно (на расстоянии) без использования промежуточного агента в виде бозонного поля. В этом случае встают дополнительные вопросы, в частности, как тогда понимать принцип Гюйгенса, с помощью которого описываются явления дифракции и интерференции?

Ответ на этот вопрос был дан Р. Фейнманом в его “Фейнмановских лекциях по физике”. Как известно, согласно принципу Гюйгенса, дифракционная картина, возникающая при прохождении света через отверстия в непрозрачном экране, рассчитывается из сложения фазовых вкладов фиктивных источников света, распределенных в дырках экрана (решетки). Как писал Фейнман: “Дифрагированная волна выглядит так, как будто источником служит дырка в экране. Мы должны выяснить причину этого явления, ведь на самом деле именно в дырке *нет* источников, *нет* никаких зарядов, движущихся с ускорением” [7, с. 98].

Фейнман дал достаточно четкое разъяснение этого обстоятельства с позиций теории прямого межчастичного взаимодействия. Он предложил называть электромагнитное воздействие источника S на возможный поглотитель P , как это принято, термином “поле”, но только заключать его в кавычки ¹, которые должны напоминать, что о “поле” можно говорить только в тех местах, где имеется возможный приемник, и его нет в точках пустого пространства. Он предложил сравнить

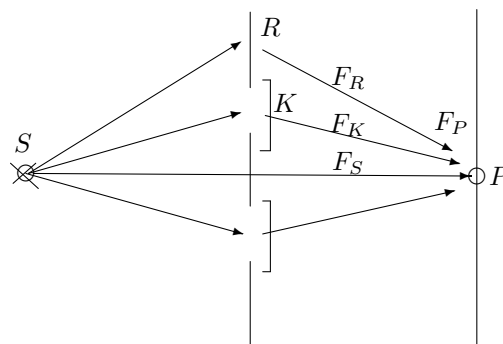


Рис. 4. Дифракция света, проходящего через щели в экране

“поле” в точке P в двух ситуациях: а) когда отверстия в экране закрыты крышками, так что экран непрозрачен для света, и б) когда крышки убраны.

¹Р.Фейнман в своей Нобелевской лекции называл это “поле” полем Френкеля.

а) **Отверстия в экране закрыты крышками.** Согласно теории прямого межчастичного взаимодействия, “поле” в точке P складывается, во-первых, из “поля” F_S , создаваемого источником S , с некоторым запаздыванием по фазе, и, во-вторых, из переизлученных “полей” F_R и F_K от всех зарядов в экране R и в крышках K . Поскольку экран с крышками непрозрачен для света, то, очевидно, “поле” F_P равно нулю: $F_P = F_S + F_R + F_K = 0$, то есть “поле” источника *в точности компенсируется* переизлученными “полями” от всех атомов, составляющих экран и крышки.

б) **Крышки убраны,** то есть имеет место обычное явление дифракции света на экране с отверстиями. В этом случае “поле” F'_P в точке P отлично от нуля и, согласно общим принципам теории прямого межчастичного взаимодействия, складывается из “поля” F_S источника и переизлученных “полей” F'_R атомами экрана (макроприбора), то есть имеем $F'_P = F_S + F'_R$.

Если отверстия достаточно велики, то можно положить, что переизлученные “поля” от экрана в обоих случаях одинаковы: $F_R = F'_R$. Вычитая из одного соотношения другое, имеем

$$F'_P = (F'_R - F_R) - F_K = -F_K. \quad (1)$$

Фейнман следующим образом интерпретирует это соотношение: “Мы приходим к выводу, что “поле” в точке P *при открытых отверстиях* (случай б) равно (с точностью до знака) “полю”, создаваемому *той частью* сплошного экрана, которая *находится на месте отверстий!* (Знак нас не интересует, поскольку обычно имеют дело с интенсивностью, пропорциональной квадрату поля.) Этот результат не только справедлив (в приближении не очень малых отверстий), но и важен; кроме всего прочего, он подтверждает справедливость обычной теории дифракции” [7, с. 100].

Гипотезу Фейнмана, как представляется, можно проверить экспериментально. Действительно, поскольку она отличается от традиционного описания лишь знаком амплитуды, то есть фазовым сдвигом на π , то этот сдвиг можно легко измерить в радиодиапазоне или в интерференционной схеме с оптическим излучением. Но так или иначе, независимо от исхода такого предполагаемого эксперимента, остается актуальной совершенно справедливая критика волнового принципа Гюйгенса-Френеля, и преимущество реляционного описания в этом смысле очевидно.

Таким образом, общепринятое объяснение дифракции света на основе принципа Гюйгенса в теории поля оказывается согласованным с описанием этого явления в рамках реляционной теории (теории прямого межчастичного взаимодействия).

Отметим, что волновые свойства массивных микрочастиц принято рассматривать по аналогии с электромагнитными волнами, то есть описывать дифракцию на решетке также на основе классического принципа Гюйгенса. Тогда рассуждения Фейнмана можно распространить и на явление дифракции массивных частиц, что позволяет интерпретировать происхождение дифракционной картины через отношения частиц к реальным атомам дифракционной решетки.

3. Необходимость изменения представлений о пространстве-времени в физике микромира

Ясно, что если пространство-время рассматривать как непреложную “подложку”: хронометр и сцену, на которой разыгрывается все, что происходит в мире, то мы далеко не продвинемся. К такому мнению приходит все больше физиков-теоретиков. Приведем ряд характерных высказываний авторитетных коллег.

Американский физик-теоретик Дж. Ф. Чью писал: “Мой тезис в данной лекции будет состоять в предположении, что пространство и время в современной микроскопической физике играет примерно ту же роль, что и понятие эфира в макроскопической физике конца XIX века. Возможно, нам никогда не удастся продемонстрировать несуществование пространственно-временного континуума, однако все большее число физиков приходит к мысли, что дальнейшее существенное продвижение в теории предполагает отказ от ненаблюдаемого континуума” [8, с. 264-265].

Другой американский физик-теоретик Е. Дж. Циммерман придерживался того же мнения, написав: “Пространство и время не являются понятиями, которые могут быть осмысленно применены к одиночным микроскопическим системам. Такие системы должны описываться абстрактными понятиями (заряд спин, масса, странность, квантовые числа), которые не имеют отношения к пространству и времени. Эти микроскопические системы взаимодействуют способами, которые также должны описываться абстрактно, то есть без ссылок на пространство и время. Когда огромное число таких микроскопических систем взаимодействует, простейший и самый фундаментальный результат состоит в создании пространственно-временного каркаса, который придает законность классическим представлениям о пространстве и времени, но лишь на макроскопическом уровне” [9, с.254].

Можно продолжить цитирование подобных высказываний, сделанных уже недавно, например, Р. Пенроузом [10], Б. Грином [11] и некоторыми другими авторами. Однако тут же встает довольно трудный вопрос: как это сделать? О сложности ответа на него также можно найти много высказываний. Например, М. Б. Менский писал: “Теперь мы оказываемся перед лицом самого трудного и интригующего вопроса: как появляются классические черты у исходно квантового мира? В известном смысле, в наше время, это очень простой вопрос. С другой точки зрения – он труден и все еще не решен и даже может оказаться вообще неразрешимым” [12, с. 197]. Однако, как нам представляется, к настоящему времени уже созрели необходимые условия для решения данной проблемы.

4. Необходимость реляционной парадигмы

Для решения данного вопроса необходимо заглянуть поглубже в основания современной физики. Анализ проблемы показывает, что в настоящее время физические исследования ведутся в рамках трех разных физических (точнее, метафизических) парадигм [13]: **1)** ныне доминирующей теоретико-полевой, в рамках которой и принято формулировать квантовую теорию поля, **2)** геометрической, в основе которой лежит общая теория относительности (и ряд вариантов ее геометрических обобщений) и **3)** менее известной – реляционной, основы которой были заложены в трудах Г. Лейбница и Э. Маха. В каждой из названных парадигм по-своему видится физическая реальность, по-разному представляются ключевые проблемы, а для их решений используется различный математический аппарат.

В частности, для формулировки теоретико-полевого подхода необходим априорно заданный пространственно-временной фон, на котором определяются поля и пишутся соответствующие дифференциальные уравнения. В рамках геометрической парадигмы во главу угла ставится искривленность пространственно-временного фона. Физическая реальность описывается методами дифференциальных геометрий. А в рамках реляционной парадигмы пространственно-временной фон исключается из числа первичных понятий; вместо него рассматривается совокупность отношений между объектами или событиями. В реляционном подходе для описания физической реальности следует использовать теорию систем отношений, основы которой были заложены в работах Ю. И. Кулакова и его группы.

Есть достаточно оснований утверждать, что для получения более или менее удовлетворительных представлений о физической реальности необходимо умение анализировать ее с позиций всех трех метафизических парадигм. Со стороны каждой из них открываются лишь некоторые ее свойства и закономерности. Односторонний подход неизбежно приводит к излишним фантазиям относительно скрытых от избранного подхода свойств мироздания.

Анализ поставленной задачи показывает, что существенно продвинуться в ее решении возможно лишь в рамках реляционной парадигмы, поскольку в теоретико-полевой для определения поля уже нужно наличие пространственно-временного фона, в геометрической парадигме речь идет лишь об искривлениях пространства-времени. И лишь в реляционной парадигме можно опираться на более элементарные понятия отношений между объектами (событиями) и ставить задачу перехода от них к классическим пространственно-временным отношениям.

Сразу же следует подчеркнуть, что реляционный подход имеет две неразрывно связанные составляющие: **1)** реляционный подход к природе пространства-времени и **2)** описание физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия.

К сожалению, в ряде исследований в XX веке первая составляющая игнорировалась, что приводило к недостаточной обоснованности концепции дальнего действия, развивавшейся в трудах А. Фоккера, Я. И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ф. Хойла, Дж. Нарликара и ряда других авторов. Дело в том, что в отсутствие заранее постулированного пространственно-временного фона концепция ближнего действия теряет смысл, и взаимодействия можно описывать лишь в рамках концепции дальнего действия. А в работах указанных авторов развивалась концепция дальнего действия на фоне уже имеющегося пространства-времени.

5. Дискуссии о выборе одной из двух концепций

1. Напомним историю реляционного подхода к природе физической реальности. Как уже отмечалось, ее истоки восходят к трудам Г. Лейбница и Э. Маха. В свое время Г. Лейбниц в письмах к С. Кларку (а фактически к И. Ньютону) писал: “Я неоднократно подчеркивал, что считаю пространство, так же как и время, чем-то чисто относительным: пространство – порядком существования,

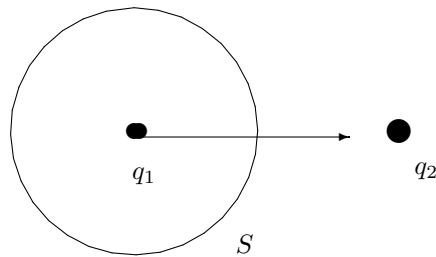


Рис. 5. Пояснение критерия отвержения концепции ближкодействия или дальнодействия.

а время порядком последовательностей . . . Для опровержения мнения тех, которые считают пространство субстанцией или, по крайней мере, какой-то абсолютной сущностью, у меня имеется несколько доказательств” [14, с.44].

Позиция Лейбница разделялась Э. Махом, считавшим категории абсолютного пространства и времени “бессмысленными”. Но что предлагалось взамен идеи пространства-времени? Мах давал ответ на этот вопрос: “Время и пространство существуют в определенных отношениях физических объектов, и эти отношения не только вносятся нами, а существуют в связи и во взаимной зависимости явлений” [15, с. 372]. **Отношение** – вот ключевое понятие, которое и у Лейбница, и у Маха заменяла идею абсолютного пространства и времени. Во избежание недоразумений поясним, что под отношениями понимаются расстояния, промежутки времени, метрика и так далее, описываемые числами (вещественными или комплексными).

2. Известно, что создавая общую теорию относительности, Эйнштейн был уверен, что реализует реляционные идеи Маха, однако, когда она была создана, Эйнштейн обнаружил, что его теория оказалась построенной на совершенно других основаниях, ознаменовав создание новой – геометрической парадигмы. Напомним, что в этой парадигме пространство-время имеет первичный характер в отличие от позиции Маха. По определению самого Эйнштейна: “Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками. (Он предпринял эту попытку для того, чтобы прийти к удовлетворительному пониманию инерции.)” [16]. Осознав различие оснований общей теории относительности и позиций Маха, Эйнштейн отрекся от его реляционных идей и далее мыслил в рамках геометрической парадигмы, основы которой были заложены в трудах В. Клиффорда.

3. Ныне почти забытая концепция дальнодействия, широко обсуждалась в нашей стране на рубеже 20-х – 30-х годов. Так в Ленинградском политехническом институте, директором которого был академик А. Ф. Иоффе, читали курс электродинамики два член-корра АН СССР профессора: Я. И. Френкель и В. Ф. Миткевич. Френкель читал электродинамику в рамках концепции дальнодействия, а Миткевич – в рамках концепции ближкодействия. У студентов, да и у руководства института, возникло недоумение: какая же из двух концепций является истинной? Для разрешения этого вопроса дирекцией был организован ряд диспутов с привлечением известных ученых страны. В диспутах участвовал также П. Эрнфест.

Я. И. Френкель яростно отстаивал концепцию дальнодействия, заявляя: “Позвольте прежде всего доказать вам, что физическим абсурдом является именно представление о ближкодействии, а физической реальностью, физически обоснованным является представление о дальнодействии. Как вам не трудно представить себе это дальнодействие, да еще запаздывающее, все же вам необходимо сделать соответствующее усилие для того, чтобы освободиться от тех привычек, которые сложились у нас в эпоху, когда наши познания были недостаточны” [17, с.73].

Участники диспутов долго спорили, приводя ряд доводов в пользу как концепции дальнодействия, так и концепции ближкодействия. В конце концов участниками был выработан критерий, кого относить к сторонникам той или иной концепции. Профессор Миткевич его сформулировал следующим образом: “Представим себе электрический заряд q_1 , электрический заряд q_2 и некоторую замкнутую поверхность S , окружающую со всех сторон заряд q_1 (см. рис. 5). Вопрос заключается в следующем: может ли электрический заряд q_1 взаимодействовать с зарядом q_2 без того, чтобы какой-либо физический агент проникал сквозь замкнутую поверхность S ?” [17, с. 108]. Миткевич и ряд его сторонников отвечали “Нет”, тогда как Френкель и его сторонники отвечали “Да”, поскольку между взаимодействующими зарядами ничего нет, а сфера является лишь мыслимой.

Эта дискуссия 30-го года имеет самое непосредственное отношение к обсуждению явления ин-

терференции и дифракции. Задаваемый в ходе дискуссий вопрос о пересечении или нет переносчиком взаимодействий мыслимой сферы сродни вопросу: проходит ли фотон или микрочастица ту или иную щель в дифракционной решетке? Согласно концепции близкодействия, такой вопрос естественен, тогда как в рамках концепции дальнодействия он теряет силу, – ведь в щели ничего нет.

Тем не менее следует констатировать, что успешное развитие квантовой теории поля в конце концов привело Я. И. Френкеля к отступлению и своеобразному (частичному) признанию понятия поля (см. [18]).

4. Еще один пример дает эволюция взглядов Р. Фейнмана, который развивал свою формулировку квантовой теории на основе идеи континуальных интегралов в рамках концепции дальнодействия. Об этом он сам писал: “Теорию электромагнетизма, развитую Уилером и Фейнманом, можно сформулировать в виде принципа наименьшего действия, содержащего только координаты частиц. Именно попытка проквантовать эту теорию, не обращаясь к представлению о поле, и привела к изложенной здесь формулировке квантовой механики” [19].

Но в дальнейшем и Фейнман разочаровался в реляционном подходе, о чем он красноречиво признался в заключительной части Нобелевской лекции [19]. Но следует признать, что разочарование было лишь частичным: он продолжал считать, что физическую реальность можно описывать как в теоретико-полевым, так и в реляционном подходах.

6. Путь развития реляционного подхода на основе теории систем отношений

Основным препятствием для развития реляционной парадигмы являлось отсутствие подходящего математического аппарата, который мог бы сравниться с дифференциальным и интегральным исчислением, широко используемым в рамках традиционной теоретико-полевой парадигмы. В последнее время такой аппарат появился в виде обобщения так называемой теории физических структур Ю. И. Кулакова [20, 21], возникшей вне связи с идеологией реляционного подхода.

Для реляционной переформулировки закономерностей физики микромира, во-первых, понадобилась бинарный вариант теории физических структур и, во-вторых, его комплексификация. В итоге в работах одного из авторов был развит аппарат теории бинарных систем комплексных отношений (БСКО), достаточно подробно изложенный в ряде публикаций [22, 23]. Напомним самые существенные положения этой теории и их физический смысл.

1. Поскольку задачей квантовой физики является описание процессов – переходов систем из одного состояния в другое, то предлагаемый математический аппарат строится на двух множествах элементов, описывающих начальные и конечные состояния квантовых систем. Между элементами двух множеств вводятся комплексные парные отношения (числа). Постулируется, что парные отношения удовлетворяют некому алгебраическому закону, справедливому для отношения между любыми r элементами одного множества и s элементами второго множества. Совокупность чисел (r, s) называется рангом БСКО. На основе свойств симметрии относительно выбора элементов в законе и некоторых дополнительных соображений записываются системы функционально-дифференциальных уравнений, из которых находятся все возможные алгебраические законы систем отношений возможных рангов (или доказывается их отсутствие). Из законов вытекает, что элементы множеств (состояния) характеризуются соответственно $s - 1$ и $r - 1$ параметрами, имеющими смысл отношений к эталонным элементам противоположных множеств.

Особо следует подчеркнуть, что при развитии этой теории нигде не используются понятия классического пространства-времени или классической физики. Более того, ставится задача вывода классических пространственно-временных понятий и физических взаимодействий из свойств и закономерностей теории БСКО.

2. Было показано, что ряд важных закономерностей физики микромира адекватно описывается БСКО симметричных минимальных рангов (2,2), (3,3) и (4,4). При этом БСКО минимального ранга (2,2) оказывается подсистемой БСКО более высоких рангов. Она ответственна за появление в теории фазовых характеристик. Чрезвычайно важным обстоятельством является то, что элементы БСКО следующего ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами. В такой теории важную роль играет группа преобразований $SL(2, C)$. Этот факт предлагается считать ответственным, во-первых, за обоснование спинорного характера элементарных частиц и, во-вторых, в конце концов, за обоснование 4-мерности классического пространства-времени и его сигнатуры $(+ - - -)$.

3. В теории систем отношений показывается, что бинарные системы отношений следует понимать более элементарными, нежели системы отношений на одном множестве элементов, которые,

как было показано, представляют собой реляционную переформулировку общепринятых геометрий с симметриями. От бинарных систем отношений можно перейти к унарным путем своеобразных “склеек” элементов двух противоположных множеств в новые элементы теории на одном множестве элементов. В частности, от БСКО ранга (3,3) можно перейти к (унарной) геометрии Лобачевского, которой в классической теории описывается пространство скоростей (или импульсное) пространство.

4. Для описания физических взаимодействий следует увеличить ранг используемой БСКО, то есть перейти от ранга (3,3) к рангу (4,4). Это можно понимать как переход к простейшему бинарному многомерию, аналогичному тому как в геометрической парадигме для описания электромагнитного взаимодействия понадобился переход от 4-мерной теории к 5-мерной теории Калуцы.

В работе [23] в рамках теории БСКО ранга (4,4) было предложено описывать известные виды физических взаимодействий: сильные, электрослабые, электромагнитные. При этом общий случай теории можно трактовать соответствующим сильным взаимодействиям, опирающимся на группу преобразований $SU(3)$ (подгруппу группы $SL(3, \mathbb{C})$), заменяющей в теории БСКО ранга (4,4) группу $SL(2, \mathbb{C})$, характерную для БСКО ранга (3,3). Вырождение общего случая предлагается понимать ответственным за электрослабые взаимодействия, а случай электромагнитных взаимодействий соответствует еще большему вырождению теории, когда из группы $SL(3, \mathbb{C})$ выделяется один из трех вариантов подгруппы $SL(2, \mathbb{C})$.

5. Чтобы не быть голословными приведем закон и парные отношения теории БСКО ранга (4,4). Для нее закон записывается для двух четверок элементов, в первом множестве обозначаемых латинскими индексами, а во втором – греческими:

$$\Phi_{(4,4)} = \begin{vmatrix} u_{i\alpha} & u_{i\beta} & u_{i\gamma} & u_{i\delta} \\ u_{k\alpha} & u_{k\beta} & u_{k\gamma} & u_{k\delta} \\ u_{j\alpha} & u_{j\beta} & u_{j\gamma} & u_{j\delta} \\ u_{s\alpha} & u_{s\beta} & u_{s\gamma} & u_{s\delta} \end{vmatrix} = 0, \quad (2)$$

где i, k, j, s - элементы первого множества, $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ - элементы второго множества а $u_{i\alpha}$ - парные отношения между элементами двух множеств, представимые в виде

$$u_{i\alpha} = i^1 \alpha^1 + i^2 \alpha^2 + i^3 \alpha^3. \quad (3)$$

Здесь i^1, i^2, i^3 - три параметра элемента первого множества, а $\alpha^1, \alpha^2, \alpha^3$ - три параметра элемента второго множества. Показывается, что в этой теории элементы описываются 3-компонентными финслеровыми спинорами и в ней ключевую роль играет группа преобразований $SL(3, \mathbb{C})$. В БСКО ранга (4,4) вместо квадратичного спинорного инварианта системы отношений ранга (3,3) выступает антисимметричный кубичный инвариант, что дает основание 3-компонентные спиноры называть финслеровыми.

6. В работе [24] показано, что в рамках БСКО ранга (4,4) строится теория водородоподобных атомов без постулирования априорного пространства-времени и уравнений типа Шредингера, Клейна-Фока или Дирака.

Заключение

Назначением данной статьи было показать, что известные закономерности квантовой теории естественно трактовать как свидетельства реляционной природы классических пространственно-временных отношений, которые теряют силу в физике микромира. Последовательный реляционный подход к физическому мирозданию заставляет под новым углом зрения взглянуть на ряд сложившихся представлений как в области микромира, так и макромира.

Во главу угла ставится проблема вывода классических пространственно-временных представлений из более элементарных понятий теории бинарных систем комплексных отношений. Это позволяет взглянуть по-новому на происхождение и суть квантовомеханического принципа неопределенностей, на теорию атомов [24], на фейнмановский метод квантования и так далее. Еще раз подчеркнем, что фейнмановский подход к квантованию опирался на априорно заданное пространство-время.

С позиций теории БСКО открывается естественный выход на теорию прямого межчастичного взаимодействия Фоккера-Фейнмана, однако ряд ее ключевых результатов нуждается в переосмыслении из-за иного понимания природы пространства-времени. Это, прежде всего, относится к предложенному Фейнманом и Уилером [25] методу устранения опережающих взаимодействий,

к данному ими обоснованию силы радиационного трения в уравнениях движения заряженных частиц и так далее.

Особый интерес представляет открывающийся в рамках реляционного подхода новый взгляд на соотношение между электромагнитным и гравитационным взаимодействиями. В работе [26] было показано, что возникают веские основания считать гравитационное взаимодействие вторичным, обусловленным электромагнитным взаимодействием. Это открывает новые возможности для переосмысления ряда представлений о свойствах окружающего мира в гигантских масштабах, в частности, в космологии.

В заключение еще раз подчеркнем, что в данной статье ни в коей мере не отвергаются уже полученные достижения в рамках традиционных теоретико-полевого и геометрического подходов, однако обращается внимание на острую необходимость развития исследований в рамках реляционной парадигмы, позволяющей взглянуть на многие прежние результаты под новым углом зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968. 184 с.
2. Алексеев И.С. Деятельностная концепция познания и реальности. М.: Изд-во "Руссо", 1995. 528 с.
3. Владимиров Ю.С. Проблема вывода классического пространства-времени из закономерностей физики микромира // *Метафизика*. 2015. № 2 (16). С. 21–27.
4. Belinsky A.V., Klyshko D.N. Interference of light of the third and fourth orders and the notion of a photon // *Laser Physics*. 1996. № 6. P. 1082–1991.
5. Белинский А.В. Квантовая нелокальность и отсутствие априорных значений измеряемых величин в экспериментах с фотонами // *УФН*. 2003. № 8. С. 905–909.
6. Белинский А.В. Квантовые измерения. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 182 с.
7. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Т.3. (Излучение, волны, кванты). М.: Мир, 1965.
8. Chew G.F. The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // *Science Progress*. 1963. Vol. LI. № 204. P. 529–539.
9. Zimmerman E.J. The macroscopic nature of space-time // *Amer. J. Phys.* 1962. Vol. 30. P. 254.
10. Пенроуз Р. Структура пространства-времени. М.: Мир, 1972.
11. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004.
12. Менский М.Б. Квантовые измерения и декогеренция. М.: Физматлит, 2001.
13. Владимиров Ю.С. Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория базовых знаний, 2002.
14. Лейбниц Г. Переписка с Кларком. Сочинения в четырех томах. Том 1. М.: Мысль, 1962. С. 430–528.
15. Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
16. Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства // *Собр. научн. трудов*. Т.2. М.: Наука, 1966. С. 749.
17. Френкель Я.И. Природа электрического тока // *Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте*. Л-М: ГТТИ, 1933.
18. Владимиров Ю.С. Я.И. Френкель о теории поля и концепции дальнего действия // *Сб. Вопросы теоретической физики. (К 100-летию со дня рождения Я.И. Френкеля)*. Санкт-Петербург, 1994. С. 95–102.
19. Фейнман Р. Нобелевская лекция. // *Сб. Р. Фейнман. Характер физических законов*. М.: Мир, 1968.
20. Кулаков Ю.И. О новом виде симметрии, лежащей в основании физических теорий феноменологического типа // *Доклады АН СССР*. 1971. Т. 201. № 3. С. 570–572.
21. Кулаков Ю.И. Теория физических структур. Новосибирск: Альфа Виста, 2004, 847 с.
22. Владимиров Ю.С. Физика дальнего действия. Природа пространства-времени. М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2012.
23. Владимиров Ю.С. Основания физики. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
24. Vladimirov Yu.S., Tereshchenko D.A. Relational statistical nature of the metric // *Abstracts of XIIth International Conference on Gravitation, Astrophysics and Cosmology*. PFUR. Moscow, 2015. P. 61–62.
25. Wheeler J.A., Feynman R.P. Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // *Rev.Mod.Phys.* 1945. Vol. 17, P. 157–181.

26. Vladimirov Yu.S. Gravitation interaction in the relational approach // *Gravitation and Cosmology*. 2008. Vol. 14. № 1(53). P. 41–52.

Поступила в редакцию 02.02.2016

Белинский Александр Витальевич, д. ф.-м. н., профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, дом 1, строение 2, физический факультет МГУ имени Ломоносова.

E-mail: belinsky@inbox.ru

Владимиров Юрий Сергеевич, д. ф.-м. н., профессор физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, дом 1, строение 2, физический факультет МГУ имени Ломоносова.

E-mail: yusvlad@rambler.ru

A. V. Belinsky, Ju. S. Vladimirov

Relational-statistical nature of quantum theory laws

Keywords: interpretation of quantum mechanics, relational nature of space-time, concept of action at a distance, binary systems of complex relationships, physical interactions.

PACS: 03.65 Ca, 03.65 Fd, 03.65 Ta

The phenomena of interference and diffraction of light, as well as of fundamental particles are regarded as an evidence of the collapse of suitability of the classic space-time notions used for their description. These phenomena and some other ones of the physics of microcosm are suggested to be seen as the evidence of the necessity to substitute the conventional field-theory (Copenhagen) interpretation of quantum mechanics by an interpretation in terms of the relational paradigm based on the works of G. Leibniz and E. Mach developed in the XX century by Ya.I. Frenkel, R. Feynman and some others authors in the form of the theory of direct interaction of particles (in the concept of action at a distance). For further development of this branch of research has been prepared a mathematical apparatus in the form of binary systems of complex relations which isn't based on the traditional notions of space-time. Basing on this apparatus is set an inverse task, - the one of deduction of notions of the classic space-time from the laws of the microcosm physics.

REFERENCES

1. Feynman R. *The character of physical law*, London: Con and Wyman. Ltd, 1965. Translated under the title *Harakter fizicheskikh zakonov*, Moscow: Myr, 1968, 184 p.
2. Alexeev I.S. *Deyatelnostnaya koncepciya poznaniya i realnosti* (Activity conception of cognition and reality), Moscow: Izdatelstvo "Russo", 1995, 528 p.
3. Vladimirov Yu.S. The Problem of Deriving Classical Space-Time from the Laws of Microscopic Physics, *Metafizika*, 2015, no. 2 (16), pp. 21–27.
4. Belinsky A.V., Klyshko D.N. Interference of light of the third and fourth orders and the notion of a photon, *Laser Physics*, 1996, vol. 6, pp. 1082–1091.
5. Belinsky A.V. Quantum nonlocality and the absence of a priori values for measurable quantities in experiments with photons, *Uspehi Phys. Nauk*, 2003, vol. 173, no. 8, pp. 905–909.
6. Belinsky A.V. *Kvantovye izmereniya* (Quantum measurements), Moscow: BINOM, 2008, 182 p.
7. Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. *The Feynman lectures on physics. Vol. 1*, Massachusetts, Palo Alto, London: Addison-Wesley Publishing Company. Inc. Reading, 1963. Translated under the title *Feynmanovskie lektsii po fizike. T. 3*, Moscow: Myr, 1965.
8. Chew G.F. The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics, *Science Progress*, 1963, vol. LI, no. 204, pp. 529–539.
9. Zimmerman E.J. The macroscopic nature of space-time, *Amer. J. Phys.*, 1962, vol. 30, pp. 254.
10. Penrose R. *Structure of space-time*, New-York-Amsterdam: W.A. Benjamin, Inc., 1968. Translated under the title *Struktura prostranstva-vremeni*, Moscow: Myr, 1972.
11. Green B. *The elegant Universe*, New-York: W.W. Norton & Company Inc., 1999. Translated under the title *Elegantnaya Vselennaya*, Moscow: Editorial URSS, 2004.
12. Mensky M.B. *Kvantovye izmereniya i deko generatsiya* (Quantum measuring and deco generation), Moscow: Phys-math. Lit., 2001.

13. Vladimirov Yu.S. *Metafizika* (Metaphysics), Moscow: BINOM, 2002.
14. Leibniz G. *Perepiska s Klarkom. Sochineniya v chetyrekh tomah. T. 1* (Correspondence with Clark. Collected Papers. Vol. 1), Moscow: Misl, 1962, pp. 430–528.
15. Mach E. *Poznanie i zabluzhdenie* (Cognition and error), Moscow: BINOM, 2003.
16. Einstein A. *Otnositelnost i problema prostranstva. T. 2* (Relativity and Problem of Space. Collected Papers. Vol. 2), Moscow: Nauka. 1966, 749 p.
17. Frenkel Ya.I. *Priroda ehlektricheskogo toka* (Nature of electrical current), Leningrad-Moscow: GTTI, 1933.
18. Vladimirov Yu.S. Ya. I. Frenkel about the field theory and conception of action-at-a-distance, *Sb. Voprosyi teoreticheskoy fiziki. K 100-letiyu so dnya rozhdeniya Ya. I. Frenkelya* (Collection “Problems of theoretical physics”), St. Petersburg, 1994, pp. 95–102.
19. Feynman R.P. The Development of the Space-Time. View of Quantum Electrodynamics, *Physics Today*, 1966, vol. 19, no. 31.
20. Kulakov Yu.I. About a new type of symmetry in the foundation of physical theories, *Dokladi AN USSR*, 1971, vol. 201, no. 3, pp. 570–572.
21. Kulakov Yu.I. *Teoriya fizicheskikh struktur* (Theory of physical structures), Novosibirsk: Alpha Vista, 2004.
22. Vladimirov Yu.S. *Fizika dalnodejstviya. Priroda prostranstva-vremeni* (Physics of action-at-a-distance. Nature of Space-Time), Moscow: LIBROKOM, 2012.
23. Vladimirov Yu.S. *Osnovaniya fiziki* (Foundations of Physics), Moscow: BINOM, 2008.
24. Vladimirov Yu.S. Tereshchenko D.A. Relational statistical nature of the metric, *Abstracts of XIIth International Conference on Gravitation, Astrophysics and Cosmology*, Moscow, 2015, pp. 61–62.
25. Wheeler J.A., Feynman R.P. Interaction with the absorber as the mechanism of radiation, *Rev. Mod. Phys.*, 1945, vol. 17, pp. 157–181.
26. Vladimirov Yu.S. Gravitation interaction in the relational approach, *Gravitation and Cosmology*, 2008, vol. 14, no. 1 (53), pp. 41–52.

Received 02.02.2016

Belinsky Alexander Vitaljevich, Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State University 119991, Russia, Moscow, Faculty of Physics M.V. Lomonosov State University.

E-mail: belinsky@inbox.ru

Vladimirov Yury Sergeevich, Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State University 119991, Russia, Moscow, Faculty of Physics M.V. Lomonosov State University.

E-mail: yusvlad@rambler.ru