

РЕЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

РЕЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Ю.С. Владимиров

*Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Институт гравитации и космологии РУДН*

Дано обоснование реляционно-статистической интерпретации квантовой теории а также сформулирована тесно связанная с ним главная задача фундаментальной теоретической физики – вывода классических пространственно-временных представлений из более элементарных закономерностей физики микромира. Показано, что эти проблемы могут быть решены лишь в рамках реляционного подхода на базе теории бинарных систем комплексных отношений симметричных рангов. Приведены уже полученные результаты на данном пути исследований.

Ключевые слова. Реляционная природа пространства-времени, интерпретация квантовой теории, макроскопический характер пространства и времени, спиноры, теория атома.

Введение

На заре создания квантовой механики Л. де Бройль писал о том, что ее следует строить не на фоне классического пространства-времени, справедливого лишь для описания макроявлений, а на базе иной геометрии. При этом он написал пророческие слова: «Однако пока мы не добились успеха в распространении наших представлений в указанном направлении, мы должны с большими или меньшими трудностями втиснуть микроскопические явления в рамки понятий пространства и времени, хотя нас все время будет беспокоить чувство, что мы пытаемся втиснуть алмаз в оправу, которая ему не подходит» [1]. Пророчества де Бройля сбываются, и свидетельством этому является состоявшаяся недавно в Институте философии РАН конференция по интерпретации квантовой механики.

В настоящее время открывается новый путь интерпретации и дальнейшего развития квантовой теории – на базе реляционно-статистического подхода к природе классического пространства-времени и физических взаимодействий.

Как известно, существенный вклад в развитие реляционного подхода к физическому мирозданию был сделан Р. Фейнманом. В его работах следует выделить два достижения в этой области: во-первых, это развитие классической теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия, в рамках которой совместно с Дж. Уилером [2] было показано, что учет принципа Маха позволяет исключить из теории опережающие взаимодействия и тем самым теоретически обосновать принцип причинности. Вторым важным достижением является построение фейнмановского варианта квантования на основе суммирования по историям частиц [3], причем этот результат был получен именно благодаря желанию распространить концепцию дальнего действия с классической физики на квантовую теорию. Как он писал: «Теорию электромагнетизма, развитую Уилером и Фейнманом... можно сформулировать в виде принципа наименьшего действия, содержащего только координаты частиц. Именно попытка проквантовать эту теорию, не обращая к представлению о поле, и привела к изложенной здесь формулировке квантовой механики» [4. С. 202]. Как отмечал сам Фейнман в своей Нобелевской лекции, его знаменитая диаграммная техника была сформулирована в рамках идеологии концепции дальнего действия.

Однако так получилось, что дальнейшие исследования в рамках концепции дальнего действия привели Фейнмана к осторожности и, даже можно сказать, к некоторому разочарованию. Об этом свидетельствуют заключительные слова его Нобелевской лекции:

«А что же стало со старой теорией, в которую я влюбился еще юношей? Она теперь стала почтенной старой дамой, почти совсем потерявшей былую привлекательность. Сердце юноши уж не забьется учащенно при виде ее. Но о ней можно сказать самое лучшее, что можно сказать о пожилой женщине: что она хорошая мать и у нее очень хорошие дети. И я благодарен Шведской Академии наук за высокую оценку одного из них» [5. С. 231].

Заметим, что аналогичная эволюция взглядов от яркой защиты концепции дальнего действия до разочарования ранее произошла и у его предшественника – российского физика-теоретика Я.И. Френкеля, кстати, на работы которого Фейнман ссылался в своей Нобелевской лекции. Напомним что говорил Френкель в 1930 г.: «Позвольте прежде всего доказать вам, что физическим абсурдом является именно представление о близкодействии, а физической реальностью, физически обоснованным является представление о дальнем действии. Как нам ни трудно представить себе это дальнее действие, да еще запаздывающее, все же нам необходимо сделать соответствующее усилие для того, чтобы освободиться от тех привычек, которые сложились у нас в эпоху, когда наши знания были недостаточны» [6. С. 25]. В дальнейшем под напором успехов в развитии квантовой теории поля и ряда других об-

стоятельств Френкель стал отступать, признавая понятие поля, правда, в своеобразном понимании.

Еще раньше нечто подобное происходило и с Эйнштейном, который, создавая общую теорию относительности, следовал реляционным идеям Маха, а когда она была построена, осознал, что общая теория относительности ознаменовала создание новой парадигмы – геометрической. И он фактически отрекся от идей Маха.

А один из корифеев отечественной теоретической физики 20–30-х гг. О.Д. Хвольсон в своем некогда популярном «Курсе физики» даже посвятил специальный параграф критике концепции дальнего действия, где писал: «Термином “action in distans” то есть “действие на расстоянии” обозначается одно из наиболее вредных учений, когда-либо господствовавших в физике и тормозивших ее развитие» [7. С. 181–183]. А в завершении этого параграфа призывал «юных читателей не вдаваться в эту область фантазий» (имелось в виду учение о дальнем действии).

Возникает естественный вопрос о причинах подобных откатов приверженцев дальнего действия от своих взглядов. На это имеется несколько причин как субъективного, так и объективного характера. К основной субъективной причине следует отнести укоренившуюся привычку мыслить в рамках концепции ближнего действия, когда воздействие от одного объекта передается к другому через все промежуточные точки между ними. А к главной объективной причине следует отнести половинчатый, эклектичный характер позиций большинства сторонников концепции дальнего действия.

Дело в том, что реляционный подход к физическому мирозданию содержит в себе две неразрывно связанные между собой составляющие: во-первых, это реляционная трактовка природы пространства-времени и, во-вторых, реляционное описание физических взаимодействий, соответствующее концепции дальнего действия. Упомянутые выше видные сторонники концепции дальнего действия опирались лишь на вторую составляющую реляционного подхода, практически полностью игнорируя первую. В их работах пространство-время рассматривалось как априорно заданное, фактически имеющее субстанциальный характер. Это проявилось у Фейнмана в его методе квантования посредством суммирования траекторий на фоне априорно заданного классического пространства-времени. Френкель также предполагал пространство-время заданным и пытался обосновать концепцию дальнего действия на его фоне. При этом позиции этих авторов выглядели недостаточно убедительными для их оппонентов. Но если бы они исходили из реляционного понимания пространства-времени, то использование концепции дальнего действия выглядело бы неизбежным. Правда, тогда дискуссия переместилась бы на выбор одного из двух подходов к природе пространства-времени: реляционного или субстанциального.

Отметим, что сейчас доминирующей является трактовка пространства-времени как самостоятельной сущности, что соответствует субстанциальному подходу, а реляционный взгляд менее известен. В связи с этим напомним

ним, реляционная трактовка природы пространства-времени означает, что оно не является самостоятельной сущностью, а выступает лишь абстракцией от отношений между реально существующими материальными объектами и событиями с их участием. Четкое различие реляционной и субстанциальной трактовок проявилось в известной дискуссии Г. Лейбница с Кларком (а по сути – с И. Ньютоном) [8]. Лейбниц ставил вопрос: останется ли пространство, если из него убрать все вещество? Согласно взглядам Ньютона, оно останется, а Лейбниц считал, что нет, – оно потеряет свой смысл.

Сторонниками реляционного подхода к природе пространства и времени являлись Г. Лейбниц, Д. Беркли, Р.И. Бошкович, Э. Мах и ряд других мыслителей. Вызывает удивление тот факт, что в середине XX в. в дискуссиях сторонников концепций близкодействия или дальнодействия практически не упоминались идеи, отстаивавшиеся в трудах Лейбница и Маха. Ссылки на их работы отсутствуют в трудах Фейнмана, не упоминались идеи Маха и в дискуссиях на рубеже 1920–1930-х гг. в Ленинградском политехническом институте и в других местах. Правда, в отечественных дискуссиях упоминать Маха было небезопасно по известным политическим причинам.

Сейчас в трудах физиков-теоретиков и математиков все чаще высказывается мысль о необходимости замены субстанциального подхода к природе пространства-времени на реляционный, причем, как правило, эти мысли высказываются в связи с обсуждением проблем физики микромира. Так, Б. Грин в своей известной книге «Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории» пишет: «Готфрид Лейбниц и другие шумно спорили, провозглашая, что пространство и время – всего лишь регистрационные приборы для удобной записи соотношений между объектами и событиями во Вселенной. Положение объекта в пространстве и во времени имеет смысл только в сравнении с другим объектом. Пространство и время есть лишь словарь для разговора об этих отношениях, ничего более. Несмотря на то, что точка зрения Ньютона, поддержанная его тремя экспериментально проверенными законами движения, господствовала в течение больше двух сотен лет, концепция Лейбница, развитая австрийским физиком Эрнстом Махом, гораздо ближе к современной картине» [9. С. 242–243].

Реляционная трактовка пространства и времени

Возникает естественный вопрос: что препятствует переходу к реляционным представлениям о природе пространства и времени? Ответ состоит в том, что для реализации этой концепции не было найдено подходящего математического аппарата, который мог бы конкурировать с дифференциальным и интегральным исчислением, самым существенным образом используемым в общепринятой концепции теории поля.

В конце 60-х гг. XX в. такой математический аппарат был предложен Ю.И. Кулаковым в виде математической части так называемой теории фи-

зических структур [10], однако тогда, в расцвете работ в области квантовой теории поля, на него не обратили должного внимания. Лишь академик И.Е. Тамм на закате своих дней оценил новый подход к мирозданию, написав: «В рамках теории физических структур по-новому осмысливается проблема единства мира, – у современных ученых еще силен искус решения этой проблемы в субстанциалистическом духе. Однако не исчерпал ли себя этот подход? С точки зрения теории физических структур более перспективно искать не исходную “первоматерию”, а исходные “первоструктуры”, – такая переформулировка проблемы единства мира представляется нам несравненно более преимущественной и в логическом, и в естественно-научном отношении» [11. С. 2].

Поясним суть математического аппарата, положенного в основу теории физических структур. Без преувеличения можно утверждать, что Кулаковым была открыта универсальная теория отношений между объектами (элементами) произвольной природы. Постулировалось, что между любой парой элементов имеет место некое вещественное **отношение**. Более того, постулировалось, что имеется некий **закон**, которому удовлетворяют парные отношения между любыми r элементами рассматриваемого множества элементов. На основе этих постулатов и вспомогательного предположения о непрерывности множества строилась система функционально-дифференциальных уравнений, из которых были найдены все возможные законы для соответствующих значений r (**ранга** системы отношений). Так, оказалось, что для $r = 5$ имеется 10 и только 10 видов законов, соответствующих 3-мерным геометриям, в число которых попадает геометрия Евклида, гиперболическая геометрия Лобачевского, сферическая геометрия Римана и ряд других известных (и мало известных) геометрий. Для описания 4-мерной геометрии Минковского эту теорию необходимо обобщить на случай ранга $r = 6$. В общем случае ранг r систем отношений (структур) на одном множестве элементов связан с размерностью n соответствующей геометрии соотношением $n = r - 2$.

При этом после получения законов геометрии можно было отказаться от вспомогательного промежуточного предположения о непрерывности и рассматривать дискретные множества элементов, соответствующие реально существующим в мире телам (или частицам). В отсутствии тел теряют смысл отношения между ними, а следовательно, и возникающая на этой основе абстракция в виде классических пространства и времени. Таким образом, был сделан важный шаг в переформулировке геометрии пространства и времени в терминах реляционных представлений, на которых настаивал Г. Лейбниц.

Однако в работах Кулакова и его ученика Г.Г. Михайличенко было сделано еще одно важное открытие, – теория систем отношений была обобщена на случай двух множеств элементов. Она строилась по тем же правилам: теперь постулировались два множества элементов, между элементами противоположных множеств предполагались вещественные отношения, которые

опять должны были удовлетворять неким законам. Теперь ранг закона определялся двумя числами – количествами элементов, учитываемых законом, из двух разных множеств. Опять писались функционально-дифференциальные уравнения и находились все возможные решения (законы). Неожиданным для авторов оказалось то, что решения получившихся уравнений находятся проще, нежели в случае теории на одном множестве элементов. Полученные по прежним правилам теории систем отношений на двух множествах естественно было трактовать как открытие новых – **бинарных геометрий**.

Авторами открытия бинарных систем отношений (геометрий) было показано, что, «сшивая» неким специальным образом элементы из двух противоположных множеств в элементы одного нового множества, можно перейти от бинарных геометрий к общеизвестным унарным геометриям. Важность этого результата трудно переоценить: ведь оказалось, что общепринятые (унарные) геометрии совсем не обязательно рассматривать в качестве первичных, априорно заданных сущностей. Их можно трактовать в качестве вторичных образований из более элементарных бинарных геометрий. Более того, Михайличенко [12] была доказана теорема об отсутствии содержательных теорий на трех и более множествах элементов. Следовательно, есть все основания полагать, что первичными сущностями следует считать именно бинарные системы отношений (геометрии).

Бинарная геометрия и квантовая механика

На этом этапе рассуждений у читателя возникают естественные вопросы: как понимать бинарные геометрии? Каков физический смысл элементов двух различных множеств? Оказывается, бинарные геометрии имеют самое непосредственное отношение к проблеме интерпретации квантовой механики, – к мысли, высказанной Л. де Бройлем на заре ее становления. Чтобы это пояснить, напомним, что одной из наиболее плодотворных формулировок квантовой теории поля является S-матричная формулировка, согласно которой имеются начальные состояния системы (на «минус бесконечности») и некие конечные состояния системы (на «плюс бесконечности») и задача квантовой теории состоит в описании амплитуды вероятности переходов между двумя состояниями. Легко увидеть аналогию между этой постановкой задачи в квантовой теории поля и сутью бинарных геометрий. Надо положить, что одно множество элементов бинарной геометрии описывает начальные состояния системы, а второе множество элементов – конечные состояния, а парные отношения между этими элементами соответствуют амплитудам вероятностей квантового процесса.

Подчеркнем тот факт, что в квантовой теории мы имеем дело с переходами систем из одного состояния в другое. Именно так трактовал Н. Бор модель атома в своих пионерских работах 1913 г.: электромагнитное излучение (или поглощение) происходит при переходе атома из одного состояния в другое. В свою очередь В. Гейзенберг, один из авторов S-матричной форму-

лировки квантовой теории, усмотрел ее связь с аристотелевской трактовкой движения как динамического перехода из одного состояния в возможности в другое. Он писал: «Понятие возможности, которая играет решающую роль в философии Аристотеля, в современной физике снова заняло центральное положение. Математические законы квантовой теории можно рассматривать как количественную формулировку аристотелевских понятий «дьюнамис» или «потенция»» [13].

Однако на пути переформулировки квантовой теории на базе бинарной геометрии встает ряд проблем. Одной из них является тот факт, что квантовая теория и физика микромира вообще строятся на базе комплексных чисел, тогда как геометрия, в том числе и бинарная геометрия, сформулированная в группе Ю.И. Кулакова, построены на базе вещественных чисел. Для преодоления этой трудности необходимо обобщить теорию систем отношений на случай комплексных отношений, что было сделано в наших работах [14–17]. При этом вскрылся ряд чрезвычайно важных моментов.

Первый из них был связан с выбором ранга бинарной системы комплексных отношений (БСКО), необходимого для описания квантовомеханических закономерностей. Во-первых, имея в виду данную выше интерпретацию двух множеств и факт симметрии прошлого и будущего в общепринятой квантовой механике, следовало остановиться на симметричных рангах (r, r) бинарных систем отношений. Во-вторых, естественно было попробовать возможности минимальных рангов. Самый малый ранг $(2, 2)$ оказался вырожденным, – такая система отношений оказывается подсистемой БСКО более высоких рангов. Следующий ранг $(3, 3)$ привел к неожиданному результату: *элементы этой БСКО автоматически описываются 2-компонентными спинорами*. В этой БСКО определяющей оказалась группа $SL(2, C)$, а переход от данной бинарной геометрии к унарной (на одном множестве элементов) привел к 4-мерным векторам в пространстве Минковского.

Полученный результат заставил вспомнить вопрос, которого касался в своих работах еще И. Кант, а затем четко сформулировал Э. Мах [18]: Почему пространство трехмерно? А с открытием специальной теории относительности над проблемой: почему пространство-время является 4-мерным с сигнатурой $(+ - - -)$ размышляли А. Эйнштейн, Эренфест А. Эддингтон и ряд других классиков физики XX века. Оказалось, что *если в качестве исходной сущности избрать бинарную систему комплексных отношений минимального невырожденного ранга $(3,3)$, то мы автоматически приходим к обоснованию как размерности, так и сигнатуры классического пространства-времени*.

Далее пришлось вспомнить теорию твисторов Р. Пенроуза, который специально ее развивал, чтобы из нее получить как классические пространственно-временные представления, так и квантовомеханические закономерности. Однако понятие твистора у Пенроуза фактически соответствовало постулативному введению пары 2-компонентных спиноров с соответствующей

шей группой преобразований, тогда как в теории БСКО ранга (3, 3) спиноры и соответствующая группа возникали автоматически.

Пенроузу при развитии теории твисторов пришлось размышлять также над фундаментальным вопросом о причинах использования комплексных чисел в квантовой теории и вообще в физике микромира. В 2013 г., находясь с визитом в Москве, Пенроуз посвятил этому вопросу специальную лекцию, прочитанную в МГТУ имени Баумана. В этой лекции он заявил, что дело не в том, что комплексные числа упрощают вычисления, как это думают некоторые авторы, а в том, что они ничем не хуже вещественных чисел. Он их даже назвал «божественными числами» (см. также в [19]).

В нашем реляционном подходе на базе бинарных геометрий напрашивается более содержательное обоснование перехода к комплексным числам. Пришлось вспомнить, как происходило развитие математики: сначала на основе положительных целых чисел, затем вообще целых чисел, затем рациональных, вещественных и, наконец, комплексных и далее кватернионов. Каждое очередное обобщение понятия числа вызывало сложности осмысления их сути и роли в мироздании. Аналогичное наблюдается и с осознанием роли комплексных чисел. В частности, пытаются построить всю физическую картину мира, исходя из пространственно-временных отношений, формулируемых в рамках вещественных чисел. Однако, исходя из идеи вывода классической геометрии из БСКО, более естественным представляется обращение рассуждений вспять: попытаться обосновать появление вещественных и даже целых чисел, исходя из комплексных чисел и квантовых закономерностей.

Использование комплексных чисел в физике микромира обусловлено тем, что в микромире нет понятия упорядоченности, то есть нет понятия «больше-меньше». Именно этот факт отображается использованием комплексных чисел. Встав на эту точку зрения, необходимо было показать, какими физическими обстоятельствами обусловлено возникновение понятия упорядоченности. Есть достаточно оснований утверждать, что это осуществляется в квантовомеханической модели атомов. Именно там из решений уравнений для комплексных волновых функций возникают целочисленные собственные значения, характеризующие состояния атомов. В свое время привычный ход рассуждений в рамках классических представлений вызвал немало проблем.

Главная задача фундаментальной теоретической физики XXI в.

Сейчас уже нет нужды доказывать, что в микромире классические пространственно-временные представления теряют силу. Об этом написано уже множество статей и книг. В частности, можно назвать книгу Д.И. Блохинцева «Пространство-время в микромире» [20] и ряд других. Спор идет лишь о том, в каких масштабах это происходит. Называют разные масштабы: планковскую длину (10^{-32} см), характерные размеры элементарных частиц

(от 10^{-17} до 10^{-13} см). Однако нам представляется, что следует говорить об изменениях свойств классических пространственно-временных представлений уже в масштабах атомов (10^{-7} см). Именно там наличие квантовых орбит нарушает закономерности классической физики и геометрии.

Исходя из этих соображений, академик Л.И. Мандельштам еще в 1930-х гг. выдвинул задачу вывода классических представлений из квантовомеханических закономерностей, а не пытался сделать наоборот. В своих лекциях по теоретической физике он писал: «Всякая атомистическая теория, в том числе и квантовая, ставит себе в основном задачу объяснить наблюдаемые закономерности в макромире искомыми закономерностями в микромире. Почему такое сведение нас удовлетворяет, почему мы его называем объяснением процессов макромира, это другой вопрос. На нем я останавливаться здесь не могу. Скажу только, что, по моему мнению, для такой точки зрения веские основания привести можно. Но как бы там ни было, а из этой формулировки задачи мы должны исходить. <...> Мы ведь ставим себе в этих теориях задачу – объяснить свойства и поведение макротел поведением и свойствами конституирующих их микротел. Но тогда непоследовательно этим последним приписывать свойства, которые мы намереваемся объяснить» [21. С. 380].

Уже во второй половине XX в. к аналогичным идеям пришли Р. Пенроуз, Е. Циммерман и др. Так, в книге М.Б. Менского можно найти такие слова: «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» [22. С. 197].

Однако существенно продвинуться в этом направлении в минувшем столетии так и не удалось. Сейчас уже можно четко сформулировать стоящую перед фундаментальной теоретической физикой главную задачу, которую с полным основанием можно считать ключевой: **вывести классические пространственно-временные представления из более глубоких физических закономерностей микромира** вместо того, чтобы продолжать подкладывать под все наши теоретические построения (уравнения и теории) априорно заданное классическое пространство-время.

Имеются достаточно веские основания утверждать, что эту задачу не удастся решить ни в рамках доминирующей ныне теоретико-полевой парадигмы, ни в рамках геометрической парадигмы. Дело в том, что в теоретико-полевой парадигме ключевым понятием является поле, которое уже по своему определению нуждается в наличии непрерывного пространственно-временного фона. В геометрической парадигме, которую составляет общая теория относительности и многочисленные ее обобщения, также основу составляет пространственно-временной континуум. В таких теориях речь идет лишь об изменениях их метрических, трансформационных или топологических свойств, но не более. *Сформулированную проблему возможно решить*

лишь в рамках реляционного подхода к природе пространственно-временных отношений и физических взаимодействий.

Статистический характер пространственно-временных отношений

Для решения поставленной фундаментальной проблемы необходимо привлечь еще соображения (идею) о статистическом характере пространственно-временных представлений. Эта идея также неоднократно высказывалась в XX в., причем в его конце она звучала все более настойчиво. Так, в середине прошедшего века нидерландский математик и физик Д. Ван Данициг писал: «...можно считать метрику описанием некоторого “нормального” состояния материи (включая излучение) и дать ей статистическую интерпретацию, как некоторое усреднение физических характеристик окружающих событий, вместо того чтобы класть ее в основание всей физики. Также является фактом, что, например, измерение длины требует наличия твердого тела, то есть большого числа частиц, точек для статистической интерпретации. Однако еще не ясно, как получать подобную интерпретацию метрики» [23].

Наш отечественный математик П.К. Рашевский в своей классической монографии «Риманова геометрия и тензорный анализ» писал: «Между тем трудно сомневаться в том, что макроскопические понятия, в том числе и наши пространственно-временные представления, на самом деле уходят своими корнями в микромир. Когда-нибудь они должны быть раскрыты как некоторый статистический итог, вытекающий из закономерностей этого мира – далеко еще не разгаданных – при суммарном наблюдении огромного числа микроявлений» [24. С. 258].

Приведем также высказывание по этой проблеме американского физика-теоретика Е.Дж. Циммермана: «...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» [25].

Можно существенно продолжить приведение высказываний такого рода, в разное время сделанных А. Эддингтоном, Ю. Вигнером, Ф. Хойлом, Р. Пенроузом и другими известными авторами. Однако, как правило, эти авторы отмечали трудности решения поставленной проблемы, а самое главное – отсутствовало указание конкретных факторов, которые подлежали суммированию для формирования классических понятий: метрики, интервалов, промежутков времени и т. д. В лучшем случае в них можно было обнаружить лишь некоторые намеки на необходимые для этого факторы.

В развиваемой нами реляционно-статистической теории пространства-времени предлагается конкретный вариант решения данной проблемы. Он

основан на реляционной трактовке понятия электромагнитного излучения. Согласно общепринятым представлениям (в рамках теории поля), в результате излучения возникает электромагнитная волна, которая распространяется по пространству от источника до возможных поглотителей. Однако в реляционном подходе такого фона нет, фотону не по чему распространяться. У нас не остается ничего иного, как предположить, в согласии с реляционной концепцией дальнего действия, что процесс излучения означает создание мировой матрицы парных отношений между излучателем и всеми возможными поглотителями. Назначением парных отношений является определение амплитуды вероятности поглощения излучения тем или иным возможным поглотителем. Но в мире имеется гигантское количество (море) испущенных и еще не поглощенных фотонов со своими матрицами парных отношений. *Предлагается строить классические пространственно-временные понятия из наложения фотонных парных отношений между возможными поглотителями.*

Для решения данной проблемы у нас имеется все необходимое. Как уже отмечалось, в нашем распоряжении имеется теория бинарных систем комплексных отношений, причем как минимального ранга (3,3), так и более высоких рангов, с помощью которых можно описывать мировые фотонные матрицы. Известны свойства комплексных парных отношений, законы и правила их наложений. При этом, как уже было отмечено, для фотонных отношений имеются соответствия с общепринятыми группами преобразований в пространстве-времени. Открыт путь для конкретного построения реляционно-статистической теории пространственно-временных отношений и физических взаимодействий, основы которой изложены в ряде наших публикаций [14–17; 26–27].

Путь к построению классических понятий из квантовых

Не вдаваясь в конкретные математические выкладки, на качественном (без формул) уровне изложим некоторые уже полученные достижения на пути решения поставленной фундаментальной задачи. Соответствующие формулы можно найти в наших публикациях.

Как известно, рождение квантовой теории начиналось с идеи квантованности электромагнитного излучения. Эта идея в полной мере воплощена в реляционно-статистической теории в виде перехода излучающей (или принимающей) системы из одного в другое состояние и создания мировой фотонной матрицы отношений.

Следующим важным этапом в становлении квантовой механики явилось создание сначала боровской модели, а затем на основе уравнения Шредингера (на фоне классического пространства-времени) теории атома. Исходя из этого, важным звеном в развитии реляционно-статистической теории следует считать построение на ее собственных принципах теории атома (связанных состояний из частиц двух противоположных зарядов). Это озна-

чает, что на основе лишь принципов бинарных систем комплексных отношений без использования классических пространственно-временных представлений необходимо, во-первых, сформулировать принципы формирования связанных состояний частиц и, во-вторых, получить известные дискретные уровни атомов (для начала водородоподобных).

В основных чертах эту задачу удалось решить. Для этого было необходимо перейти от простейшей БСКО ранга (3,3) к системе более высокого ранга (6,6), на базе которой можно описывать электромагнитные и другие виды взаимодействий элементарных частиц. Этот переход можно трактовать как использование бинарного многомерия, если считать, что ранг (3,3) соответствует классическому 4-мерию. В этом смысле имеется прямая аналогия с многомерными геометрическими моделями физических взаимодействий типа теории Калуцы в геометрической парадигме. В рамках этой БСКО необходимо было построить ключевое выражение, инвариантное относительно группы преобразований $SL(2, \mathbb{C})$, симметрично содержащее компоненты двух взаимодействующих частиц, а также их начальные и конечные состояния. Заметим, что аналогичные задачи решаются при построении лагранжианов или S-матрицы переходов в квантовой теории. Такое выражение найдено и названо нами базовым 6×6 -отношением. Его можно использовать для описания взаимодействий как несвязанных, так и связанных элементарных частиц.

Далее необходимо было сформулировать условия связи пары разномыменно заряженных частиц. Как уже отмечалось, элементы БСКО характеризуются спинорными параметрами, причем они не постулируются, а получаются автоматически. Условия связи оказались соответствующими тому, что связанное состояние характеризуется точками на 3-мерной гиперсфере в 4-мерном абстрактном пространстве. При этом полагается, что эта точка задается одной из фотонных матриц, устанавливающей комплексное парное отношение между двумя данными частицами. Однако в мире фотонных матриц очень много («море»), что означает плотное распределение их вкладов – точек на 3-мерной гиперсфере. Это позволяет ввести условие стационарности, в конце концов приводящее к дифференциальному уравнению Лягерра с дискретными собственными значениями. Их можно различным способом сопоставить либо с нерелятивистским решением для атома водорода уравнения Шредингера, либо с релятивистским решением уравнения Клейна–Фока. Таким образом можно утверждать, что каждый атом «чувствует» всю Вселенную.

Заметим, что данный ход рассуждений можно связать с результатом полученным в начале 1930-х гг. в работах Хиллерааса [28] или В.А. Фока [29], обнаруживших наличие $O(4)$ -симметрии в задаче атома водорода. Однако в названных работах данный результат носил феноменологический характер без обоснования найденной симметрии вне зависимости от ранее постулированного уравнения Шредингера. Этот пробел устраняется в реляционно-статистической теории.

Как уже указывалось, данная задача имеет для всей теории принципиально важное значение, поскольку она позволяет перейти от теории в комплексных числах (без свойства упорядоченности) к совокупности упорядоченных целых чисел, которыми характеризуются состояния атомов. Затем это свойство упорядоченности переносится на свойства фотонных матриц и далее на этой основе предлагается переход к заданию метрики в терминах вещественных чисел.

Математический аппарат теории БСКО ранга (6,6) позволяет выйти на решение задач не только вывода классических пространственно-временных понятий и новой трактовки закономерностей квантовой теории, но и на построение на новых принципах теорий электрослабых и сильных взаимодействий, их объединения, а также – на ряд важных приложений.

Заключение

В заключение перечислим ряд принципиальных задач, к решению которых позволяет приступить (или уже решить) реляционно-статистический подход к строению мироздания.

1. Прежде всего, следует назвать путь решения главной задачи фундаментальной теоретической физики – вывода классических пространственно-временных представлений из более элементарных физических закономерностей микромира, главными из которых являются квантовомеханические. Только решив ее можно будет ставить вопрос о возможности влияния на пространственно-временные отношения материальных объектов.

2. Элементы бинарных систем комплексных отношений минимального невырожденного ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами, что обосновывает использование спиноров для описания элементарных частиц.

3. Теориями БСКО более высокого ранга, нежели (3,3), открывается новый канал обобщения 2-компонентных спиноров – на случай финслеровых спиноров, проявляющихся, например, в хромодинاميце.

4. В рамках БСКО минимального невырожденного ранга (3,3) можно обосновать как размерность 4, так и сигнатуру геометрии физического пространства-времени.

5. Бинарная геометрия представляет собой адекватный математический аппарат для переформулировки квантовой теории. Известно, что основные понятия квантовой механики представляют собой корень квадратный из классических понятий. Таковыми являются амплитуды вероятности, спиноры, тетрады и т. д. К этому следует добавить тот факт, что бинарные геометрии можно рассматривать как корень квадратный из общепринятых унарных геометрий.

6. На основе принципов реляционно-статистического подхода можно построить теорию атомов (связанных состояний элементарных частиц) без использования понятий классического пространства и времени.

7. Поскольку вскрыты более элементарные геометрии – бинарные, от которых можно перейти к общепринятым (унарным) геометриям, то встает острая необходимость перестройки теорий известных видов физических взаимодействий на базе бинарной геометрии (бинарных систем комплексных отношений). БСКО ранга (6,6) позволяет приступить к решению этой задачи.

8. На базе БСКО ранга (6,6) предложена классификация элементарных частиц, включающая в себя представления о трех поколениях частиц в электрослабых взаимодействиях, деление частиц на лептоны и барионы и т. д. Заложены основы для объединенного описания известных видов физических взаимодействий.

9. Идеи реляционно-статистического подхода можно применить также для описания ряда закономерностей астрофизики и космологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бройль Луи де. Революция в физике // Избранные научные труды. Т. 2: Квантовая механика и теория света: работы 1934–1951 годов. – М.: МГУП, 2011. – С. 177.
2. Wheeler J.A., Feynman R.P. Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys. – 1945. – Vol. 17. – P. 157–181.
3. Фейнман Р. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике // Вопросы причинности в квантовой механике: сб. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. – С. 167–207.
4. Фейнман Р. Квантовая электродинамика. – М.: Мир, 1964.
5. Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте» // Характер физических законов: сб. – М.: Мир, 1968. – С. 193–231.
6. Френкель Я.И. Природа электрического тока (Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте). – М-Л: Изд-во Всесоюз. Электротехнического общества, 1930.
7. Хвольсон О.Д. Курс физики. – Т. 1. – Л.–М.: ГТТИ, 1933.
8. Лейбниц Г. Переписка с Кларком // Сочинения: в 4 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1982.
9. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. – М.: Едиториал УРСС, 2004.
10. Кулаков Ю.И. Теория физических структур. – М., 2004.
11. Кулаков Ю.И., Владимиров Ю.С., Карнаухов А.В. Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. – М.: Изд-во Архимед, 1991.
12. Михайличенко Г.Г. Математический аппарат теории физических структур. – Горно-Алтайск: Изд-во Горно-Алтайского ун-та, 1997.
13. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989.
14. Владимиров Ю.С. Метафизика. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. (Первое издание 2002 г.).
15. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. – Ч. I: Теория систем отношений. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1996.
16. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. – Ч. II: Теория физических взаимодействий. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1998.
17. Владимиров Ю.С. Основания физики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
18. Мах Э. Познание и заблуждение. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.

19. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. – М.–Ижевск. Институт компьютерных исследований. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007.
20. *Блохинцев Д.И.* Пространство и время в микромире. – М.: Наука, 1970.
21. *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука, 1972.
22. *Менский М.Б.* Квантовые измерения и декогеренция. – М.: Физматгиз, 2001.
23. *Dantzig D. van.* On the relation between geometry and physics and concept of space-time // *Funfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel.* – 1955. – Bd. 1. – S. 569.
24. *Рашиевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1967.
25. *Zimmerman E.J.* The macroscopic nature of space-time // *Amer. Journ. of phys.* – 1962. – Vol. 30. – P. 97–105.
26. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. Ч. 1: Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
27. *Владимиров Ю.С.* Природа пространства-времени: антология идей. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014.
28. *Хиллераас Е.А.* Волновые уравнения задачи Кеплера в импульсном пространстве // *Z. Phys.* – 1932. – Bd. 74. – № 3, 4. – S. 216.
29. *Фок В.А.* Атом водорода и неевклидова геометрия // *Известия АН СССР.* – 1935. – Т. 2. – С. 169–184.

A RELATIONAL STATISTICAL INTERPRETATION OF QUANTUM MECHANICS

Yu.S. Vladimirov

Substantiation is given of a relational statistical interpretation of the quantum theory, and the main goal of fundamental theoretical physics closely related to it – that of deriving classical space-time notions from more elementary laws of the physics of the microworld – is formulated. It is shown that these problems can only be solved within the framework of a relational approach on the basis of the theory of binary systems of complex relations of symmetric ranks. The results already obtained along this path of research are provided.

Key words: relational nature of space-time, interpretation of the quantum theory, macroscopic nature of space and time, spinors, theory of the atom.