

МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

ПРИНЦИПЫ МЕТАФИЗИКИ И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Ю.С. Владимиров

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Институт гравитации и космологии РУДН*

На основе анализа развития мировой культуры сформулированы ключевые принципы метафизики. Предложен взгляд на содержание квантовой механики (теории) с точки зрения выполнимости метафизических принципов, главным образом принципов триединства и процессуальности. Указаны трудности, связанные с использованием понятий классического пространства-времени. Показано, что они устраняются, если заменить традиционно используемый пространственно-временной фон на понятия бинарной предгеометрии. Кратко описаны основные понятия и уже достигнутые результаты в рамках реляционной интерпретации квантовой механики, развиваемой на основе бинарной предгеометрии.

Ключевые слова: метафизика, принципы тринитарности, целостности, процессуальности, квантовая механика, бинарные системы комплексных отношений, бинарная предгеометрия, философия, религия.

1. Принципы метафизики

Фундаментальная теоретическая физика к началу XXI века вплотную сблизилась с метафизикой, – в ней ключевой характер приобретает обсуждение оснований физического мироздания, то есть того, что лежит «за физикой», «под физикой» или «над физикой». Все это испокон веков принято было относить к сфере метафизики.

Анализ сложившихся к настоящему времени оснований фундаментальной физики (и не только физики, а также философии и даже религии) позволяет выделить ряд ключевых метафизических принципов [1], опираясь на которые предлагается взглянуть на основания квантовой теории. Назовем главные, уже четко проявившиеся принципы метафизики.

1. **Принцип исходных оснований**, состоит в выборе одного из двух подходов к реальности: *редукционистского или холистического*. Первый основан на признании первичности так или иначе выделенных категорий (элементов, частей), составляющих полную физическую реальность, а второй заключается в постулировании первичности именно целого, тогда как так или иначе выделенные из него категории считаются некими вторичными (условными или вспомогательными) понятиями.

Для восточной цивилизации и на ранних стадиях развития западной доминирующим являлся холизм, тогда как для развития науки в Новое время в Европе более плодотворным оказался редукционизм. В настоящее время мировая наука развивается в сторону холизма.

2. **Принцип тринитарности, принимающий вид троичности в редукционистском подходе и вид триединства в холистическом подходе**. Этот принцип проявился уже в разделении мировой культуры на науку, философию и религию. В физике он сказался в трех видах ключевых категорий (пространства-времени, частиц, полей переносчиков взаимодействий). Троичность с поразительной настойчивостью проявляется во всех разделах физики и геометрии: три пространственных измерения, три стадии времени (прошлое, настоящее, будущее), три вида геометрий с симметриями (евклидова, геометрия Лобачевского и риманова постоянной положительной кривизны), три вида физических взаимодействий в физике микромира (электромагнитное, слабое и сильное), три поколения элементарных частиц в теории электрослабых взаимодействий, три цветовых заряда в теории сильных взаимодействий. Этот список проявлений троичности в физике и математике можно существенно продолжить.

3. **Принцип наличия промежуточных дуалистических парадигм** проявляется в плодотворности описания реальности на основе не трех, а двух категорий, одна (или обе) из которых является обобщенной из пары исходных категорий. Этот принцип выполняет промежуточную роль между редукционистским и искомым холистическим подходом к реальности.

Данный принцип явно проявился в фундаментальной физике XX века в виде трех метафизических парадигм: теоретико-полевой, в рамках которой строится квантовая теория поля, геометрической, основу которой составляет общая теория относительности, и реляционной, ныне развиваемой в рамках концепции дальнего действия.

4. **Принцип дополненности**, согласно которому различные дуалистические метафизические парадигмы (миропонимания) не противоречат, а дополняют друг друга.

Этот принцип можно трактовать как своеобразное обобщение известного принципа дополненности Н. Бора, однако теперь он относится не к двум, а к трем сторонам реальности. Напомним, что боровский принцип дополненности гласит дополненность волновых и корпускулярных свойств микрочастиц. Фактически речь в нем идет об объединении категорий частиц (корпускул) и полей переносчиков взаимодействий. Однако это

делается на фоне третьей категории – пространства-времени. Аналогичные принципы дополнительности можно сформулировать в рамках геометрической и реляционной парадигм.

Имеется достаточно оснований утверждать, что в настоящее время *наиболее полное представление о физической реальности можно получить лишь умея на нее смотреть с позиций всех трех дуалистических метафизических парадигм*. Всякий односторонний взгляд неизбежно приводит к выдвиганию и к упорным попыткам решения надуманных ложных проблем.

5. Принцип фрактальности, состоящий в том, что в каждой выделенной из целого части проявляются свойства всех других частей (сторон целого).

В физике имеется огромное число проявлений этого принципа. В частности, его можно усмотреть в свойствах каждой из трех выделяемых физических категорий. Этот вопрос подробно рассмотрен в нашей монографии [1].

6. Принцип целостности, заключающийся в том, что ключевые закономерности теорий (законы, уравнения) должны включать в себя характеристики всех категорий используемой парадигмы. Предпринимавшиеся в физике попытки построения теорий при полном игнорировании той или иной категории потерпели неудачи.

7. Особое место занимает принцип процессуальности, состоящий в проявлениях динамического характера (процессуальности) всей физической картины мира. Этот принцип реализуется в центральной роли уравнений движения в физике, в сущности квантовой теории, описывающей переходы между состояниями системы, в эволюционирующих космологических моделях. К проявлениям этого принципа следует также отнести сами переходы между описаниями мира в рамках различных метафизических парадигм.

Особо подчеркнем, что изложенное не исчерпывает всего набора ключевых метафизических принципов.

В настоящее время главной целью физиков-теоретиков является построение холистической (монистической) физической картины мира на основе **единой обобщенной категории**. В данный момент времени она по-разному «видится» (трактруется) с позиций трех названных парадигм: единый вакуум в теоретико-полевого подходе, единая геометрия в геометрическом миропонимании или единая система отношений (структура) в реляционном миропонимании. На наш взгляд, это разные названия одного и того же искомого физического (метафизического) первоначала.

2. Истоки метафизических принципов

Вся история развития метафизики и естествознания демонстрирует справедливость перечисленных выше принципов метафизики. Продемонстрируем это на примере основных этапов развития мировой культуры.

2.1. Принципы метафизики в Древнем Китае

Корни метафизики принято искать в античной философии VI–V вв. до н.э., однако имеется множество данных о метафизических воззрениях еще более древних культур Междуречья, Китая, Египта, Индии и других народов мира. Судя по дошедшим до наших дней культурным свидетельствам из далекого прошлого, выработанные ранее представления метафизики к началу периода античности были утрачены и затем шел процесс их поиска и формирования заново.

Наиболее полно сохранилась информация о представлениях древнего китайского философско-религиозного учения даосизм, истоки которого приписываются временам легендарного первого правителя Поднебесной мудрецу Фуси (2852–2737 гг. до н.э.). Тогда же были сформулированы принципы «Книги перемен» («И цзин»), составившей ядро менее древнего китайского «Пятикнижия» («У цзин») XII в. до н. э. и затем отраженной Лао Цзы (VI–V вв. до н. э.) в его основополагающем сочинении «Книге о дао и дэ» («Дао дэ цзине»).

Представления древнекитайских мыслителей о космосе и мироздании подробно изложены и проанализированы в ряде работ известного российского китаевода В.Е. Еремеева. Приведем сделанные им выводы об основных чертах методологии (метафизики) древнекитайских мыслителей, изложенные в его книге «Традиционная наука Китая. Краткая история и идеи» [2].

Еремеев выделяет восемь основных черт (фактически принципов) китайской метафизики: эволюционизм, органицизм, антропокосмологизм, континуализм, фрактальность, релятивизм, процессуализм, коррелятивизм. Легко обнаружить соответствие названных Еремеевым черт китайской философии с названными выше метафизическими принципами. Так, органицизм соответствует холизму, фрактальность присутствует в обеих системах, эволюционизм и процессуализм соответствует названному выше метафизическому принципу процессуальности.

Более подробно остановимся на китайском понимании процессуальности. Еремеев пишет об этом: «Если западной мысли все века была свойственна субстанциональная модель мира, то китайцам – процессуальная. Первая предполагает виденье за изменяющимися явлениями некой неизменной основы, вторая строится на представлении о тотальности изменчивости и непостоянства. Мир для древнего китайца – безостановочный процесс перемен, и поэтому он не может быть познан простыми методами. Тут необходимы ухищрения, одним из которых является коррелятивизм» [2].

Далее Еремеев продолжает: «Важнейшей категорией арифмосемиотики является категория изменчивости, перемен (и), посредством которой описываются чередования активного и пассивного начал – инь и ян – “двух образцов” (лян и). Исконные значения этих иероглифов – “теневая” и “световая” стороны горы – послужили основой для их гносеологического толкова-

ния: инь – это то, что “скрыто” или менее проявлено, ян – это то, что “явно” или более проявлено. В онтологическом смысле эта пара обозначает некие пассивный и активный первичные принципы или силы, в соответствии с которыми распределились остальные мировые полярности: тьма – свет, холод – тепло, малое – большое, внутреннее – внешнее, мягкое – твердое, слабое – сильное, мужское – женское и т.д. Этот ряд в принципе можно продолжать до бесконечности, поскольку любое явление имеет в себе противоположные стороны, которые, по древнекитайским представлениям, сводятся к началам инь и ян как однородные (тун лэй) им явления, взаимодействующие между собой по принципу резонанса – гань-ин.

Взаимосвязь чередующихся противоположностей инь и ян, в своем единстве составляющих дао, тай цзи, юань ци и проч., иллюстрирует хорошо известная схема Тай цзы ту (“Чертеж Великого предела”). Схем с таким названием на самом деле было несколько. Все они символизировали строение и развитие Вселенной и исходили из “учения о символах и числах”. В данном случае имеется в виду схема, представляющая собой круг, разделенный на две половины волнистой чертой. Силу инь обозначает черная половина, силу ян – белая. На черной половине круга есть белая точка, на белой – черная.

Круговой вид чертежа символизирует, с одной стороны, некоторую целостность, образованную взаимосвязанными и противоположными силами, а с другой – цикличность их взаимодействий. Изгиб линии, разделяющей две половины круга, подчеркивает динамику взаимодействия сил, готовность перехода одной в другую. Белая точка на черном фоне и черная точка на белом фоне олицетворяют “зародышевые” состояния будущих превращений, внутреннюю взаимосвязь, взаимопроникновенность полярностей, являющихся, как считали китайцы, “корнями друг друга”. <...>

По мнению создателей арифмосемиотики, все в мире подвержено изменчивости (и), находится в движении (дун) и бесконечных циклических взаимопревращениях (бянь хуа). Поэтому мир в целом понимается как некий самодостаточный эволюционирующий полиритмический организм. Части этого организма взаимосвязаны, взаимозависимы, “резонируют” друг с другом по определенным законам и правилам. Задача “благородного мужа” (цзюнь цзы) – постичь эти законы и правила сполна и тем самым слиться всем своим существом с мировой целостностью, обретая ее могущество. <...>

Закон, по которому осуществляется функционирование организма Вселенной, китайские мыслители называли дао (букв. “путь”). Суть его, согласно “Си цы чжуани”, – чередование противоположностей, соотносимых с принципами инь и ян. Действие этого закона распространяется на все планы бытия, как проявленные, открытые (чжан), так и непроявленные, скрытые (вэй)» [2. С. 73–78].

Чрезвычайно важной особенностью древнего китайского учения является опора на комбинацию двоичности (диалектики) и троичности («триа-

лектики»). «В “Книге перемен” определено понятие “середины” (чжун) между двумя противоположностями и введено третье начало в системе миропонимания. Таким образом совершался переход от двоицы к троице, которая часто интерпретировалась как Земля, Небо и Человек между ними. Позднее, в “Книге о дао и дэ” эта мысль была выражена более абстрактно: “Дао порождает единое, единое порождает двоицу, двоица порождает троицу, а троица порождает все множество вещей”. При этом Дао понималось как единый непостижимый, всеохватывающий и таинственный источник и принцип движения всего сущего.

Для комбинации двоичности и троичности был найден наглядный образ в виде системы триграмм, каждая из которых изображается тремя параллельными отрезками двух видов: прерывистого, соответствующего инь, и сплошного, соответствующего ян. Из трех таких отрезков возможно построить восемь различных комбинаций» [2. С. 91].

2.2. Принцип процессуальности в метафизике Аристотеля

Некоторые черты метафизики Древнего мира, к которому следует отнести не только культуру Древнего Китая, но и культуры Междуречья, Древнего Египта и других регионов, позднее были воспроизведены в культуре античности. Известно, что Пифагор (VI в. до н.э.) перенял ряд идей от жрецов Египта и других культур. Не вдаваясь в историю античной философии и науки, подробно представленной в книге П.П. Гайденко [3], остановимся на учении Аристотеля (384–322 гг. до н.э.), оказавшего огромное влияние на развитие научной и философской мысли Европы. Его взгляды эволюционировали от ортодоксального платонизма через критику учения Платона в сторону естественнонаучного эмпиризма. Он собрал, систематизировал и критически переработал огромный естественнонаучный материал своих предшественников. Напомним, что термин «метафизика» был введен Андроником Родосским в I веке до н.э., собравшим под таким названием в виде 14 книг сведения о взглядах Аристотеля «по первой философии» или того, «что идет после физики».

В методологической части учения Аристотеля первой и важнейшей являлась отсутствовавшая у Платона «категория сущности», которая фактически представляла собой третью сторону бытия (первоосновы мира), превращая его философию из двуединой (диалектической), каковой была философия Платона, в *триединую*.

Аристотель утверждал, что действительное бытие предмета не может быть выражено одновременной реализацией двух противоположностей, то есть платоновские противоположности нужно опосредовать чем-то третьим. Для решения этого вопроса он ввел *два вида бытия – действительное и возможное*. Противоположные стороны (как в учении Платона) присущи предмету только как потенциальные возможности, тогда как действительность стоит выше возможности и не имеет ее двух сторон. Это напоминает

введение третьего, промежуточного звена между *инь* и *ян* в китайской «Книге перемен».

Триединая философия Аристотеля была нацелена на определение движения тел в физическом мире. В соответствии со своей методологической парадигмой Аристотель определяет движение как «средний термин», то есть как «переход» от возможности к действительности. У него движение нормировано двумя противоположностями в возможности – началом и концом – и всегда идет «от» – «к», представляя собой нечто третье – действительность, связывающую две стороны противоположности. Так Аристотель преодолел неразрешимую для Платона проблему определения движения лишь на основе двух противоположных сторон.

Отметим, что аристотелевские два рода бытия – в возможности и в действительности – оказались востребованными в теоретической физике XX века при формулировке квантовой механики, на что обращал внимание один из ее создателей – В. Гейзенберг. В своей книге «Физика и философия. Часть и целое» он писал: «Понятие возможности, которое играет решающую роль в философии Аристотеля, в современной физике снова заняло центральное положение. Математические законы квантовой теории можно рассматривать как количественную формулировку аристотелевских понятий «дюнамис» или «потенция» [4. С. 393].

Очевидно, что Аристотелю для описания окружающего мира было недостаточно сформулированной им метафизической сущности движения, и он ввел в физику ряд дополнительных положений, таких как отсутствие пустоты, пять видов стихий, составляющих сущности как подлунного, так и надлунного миров, необходимость источников движения, жесткий водораздел между земным и небесным и т. д. Все эти представления «здорового смысла античности» преодолевались с большим трудом в эпоху Возрождения. К сожалению, многие авторы, описывая наследие Аристотеля, сосредотачивают внимание именно на этих дополнительных положениях его учения, игнорируя самое важное – введенный им принцип процессуальности в определении движения.

2.3. Принципы метафизики в христианском учении

Изложенные выше принципы метафизики позднее были воплощены в христианском учении в виде догмата Святой Троицы. В нем явно выражены принципы исходных положений (холизм), тринитарности (принцип триединства), целостности, а также принцип процессуальности. Известно, что догмат Святой Троицы был воплощен в христианском учении далеко не сразу. Его не было ни в Ветхом, ни в Новом Завете. Его введению предшествовала длительная дискуссия. Он был принят на Никейском Вселенском соборе лишь в IV веке. К.Г. Юнг в своей «Попытке психологического истолкования догмата о Троице» значительное место уделил обсуждению идеи триединства и троичности в дохристианских религиозно-философских воззре-

ниях вавилонян, египтян и античности. При этом он отметил: «Вопрос о том, были ли эти идеи переданы последующим векам путем миграции или традиции или же в каждом случае они спонтанно возникали заново, имеет мало значения. Главное в том, что они были налицо, потому что, поднявшись однажды из бессознательного духа человечества (причем не только в Передней Азии), они могли затем заново возникать в любое время и в любом месте. Более чем сомнительно, что древнеегипетская теология хотя бы отдаленно была известна отцам Церкви, составившим формулу омоусии. И тем не менее они не могли успокоиться, пока в полном объеме не воспроизвели древнеегипетский *архетип*» [5. С. 27].

Вопрос о трактовке догмата Святой Троицы имеет сложную историю и многозначен. Выделим метафизический аспект, на который обращают внимание ряд исследователей. Так, известные современные западные богословы Роберт Йенсен (США), Юрген Мольтман и Вольфарт Панненберг (Германия) пришли к выводу о связи идеи Троицы с понятием процесса, и в частности с понятием времени. Так, Йенсен пишет: «Время – это то, что случается, когда Святой Дух приходит от Отца к Сыну. Время существует потому, что Дух не Отец и оба они встречаются в Сыне!» (цит. по [6]). Еще более определенно выражается Юрген Мольтман: «Бог – это не другая природа или божественная персона или моральный авторитет, но фактически событие!» (цит. по [6]).

Физик-теоретик А.А. Гриб, рассматривая этот богословский вопрос, приходит к аналогичному выводу: «Так или иначе, но в отличие от пространственного Бога греков, находящегося “где-то” (например, на Олимпе) или совпадающего со всей пространственной Вселенной у пантеистов, Бог иудео-христианства есть, прежде всего, Дух! Дух же, как и человеческая душа, прежде всего, существует во времени. Так, сегодня весьма популярно считать душу программой организма, реализуемой во времени. Время же – это настоящее, прошлое и будущее. Нечто типа времени есть в Боге: Сын после Отца (хотя и нельзя сказать вместе с Арием, что было, когда Он (Сын) не был), так как рожден Им, и потому есть время и в сотворенном мире как подобие Троицы... Первым, кто стал понимать вечность не как эллинистическое понятие противоположности времени – некоторую неизменность, а как полноту времен, содержащую любую конечную временность, был один из великих каппадокийцев 4 века святой Григорий Нисский. Поэтому и возможна формулировка Мольтмана и Йенсена: «Бог есть событие!» [6].

Как известно, в Средневековье, в период господства христианского учения, для описания окружающего мира использовалось учение Аристотеля. Оно фактически было канонизировано христианской Церковью. Как нам представляется, далеко не последнюю роль сыграло созвучие метафизического принципа процессуальности в определении движения у Аристотеля и в догмате Святой Троицы.

2.4. Принципы метафизики в классической физике

В эпоху Возрождения и затем Нового времени в Европе в результате длительного процесса преодоления ряда ложных представлений античности и дискуссий о соотношении веры и разума сложились представления классической физики. В этом процессе особая роль принадлежала работам Н. Коперника, Р. Декарта, Г. Галилея, И. Ньютона и других мыслителей (см. [7]). В основе классической физики также лежали принципы метафизики, однако они оказались отличными от метафизики христианского учения. Вместо христианского холизма в классической физике использован редукционистский подход – целое складывается из частей, имеющих первичный самостоятельный характер. В соответствии с этим в классической физике принцип тринитарности выступает в форме троичности ключевых физических категорий. Их три: категория пространства (и времени), категория частиц (материальных тел), помещенных в пространство и время, и категория полей переносчиков взаимодействий.

Метафизический принцип целостности проявляется в основном уравнении механики – во втором законе Ньютона $m \frac{d^2x}{dt^2} = F$, где m является характеристикой категории частиц, ускорение $\frac{d^2x}{dt^2}$ – отражает категорию пространства-времени, а сила F соответствует категории полей переносчиков взаимодействий.

Очевидно, что решение дифференциальных уравнений второго порядка находится с учетом начальных условий, каковыми являются координаты и компоненты скорости. В связи с этим заметим, что в релятивистской физике время фактически уподобляется пространству. Понятие эволюции (процесса) вводится волевым образом: рассматриваются два пространственных сечения, ортогональных временной координате, и сравниваются положения объектов на этих двух сечениях, откуда и возникает понятие скорости. Фактически это соответствует реализации метафизического принципа процессуальности. Для введения ускорения необходимо рассмотрение как минимум положений объектов на трех близких пространственных сечениях.

После эпохи Возрождения и особенно в Новое время наука приобрела самостоятельный характер. При этом явное различие метафизических принципов, положенных в основание классической физики и в основу христианского учения, послужило главной причиной длительного противостояния науки и религии. Близкую позицию высказывали классики квантовой механики. Так, В. Гейзенберг приводит следующие слова В. Паули: «Развитие естествознания в последние два столетия, несомненно, изменило человеческое мышление в целом и вывело его из круга представлений христианской культуры. Поэтому не так уж мало важно то, что думают физики. Ведь именно узость этого идеала, – идеала объективного мира, существующего в пространстве и времени по закону причинности, – вызвала конфликт с духовными формами различных религий» [4. С. 210].

В результате конфликта сферы религии и науки резко разделились. По образному выражению Эйнштейна классические религиозные учения стали рассматриваться как «религии морали», а в сферу науки отошло изучение окружающего нас мироздания. В этой области важную роль играет, как это назвал Эйнштейн, «космическое религиозное чувство» [8].

3. Метафизические принципы в квантовой механике

Перейдем к обсуждению вопроса о проявлениях принципов метафизики в квантовой механике (теории). В настоящее время в литературе обсуждается несколько интерпретаций квантовой механики (теории). Наряду с доминирующей копенгагенской интерпретацией обсуждается ряд иных, которые по ряду признаков можно отнести (частично или полностью) к реляционной (например, фейнмановская или S -матричная) и даже к геометрической. К последней можно отнести интерпретацию квантовой механики, данную Ю.Б. Румером в рамках 5-оптики.

3.1. Метафизика копенгагенской интерпретации квантовой механики

Доминирующая ныне копенгагенская интерпретация квантовой механики сформулирована в рамках дуалистической теоретико-полевой парадигмы, в которой объединяются в новую обобщенную категорию поля амплитуды вероятности Ψ две прежние категории частиц и полей переносчиков взаимодействий. Эта обобщенная категория определяется на фоне классического пространства-времени, которое в этой парадигме играет роль второй категории. Исходя из этого, можно сказать, что в данной парадигме реализуется один из трех промежуточных вариантов метафизического принципа исходных оснований.

Метафизический принцип цельности проявляется в дифференциальных волновых уравнениях Клейна–Фока или Шредингера, записываемых в виде действия дифференциальных операторов по координатам на волновую функцию Ψ . В этих уравнениях, как и в классических уравнениях Ньютона, присутствуют характеристики всех (двух) категорий данной парадигмы. Операторы дифференцирования представляют категорию пространства-времени, а Ψ – новую обобщенную категорию.

В рамках данной парадигмы можно рассуждать более тонко. Учитывая тот факт, что волновые свойства частиц (и полей переносчиков взаимодействий) выражаются через импульсы $\lambda = h/p$, можно считать, что две категории данной парадигмы характеризуются координатами x^μ и импульсами p_μ . Заметим, что понятие импульса содержит в себе характеристики прежних категорий материальных частиц m и через константу h волновую характеристику поля (теперь как частиц, так и переносчиков взаимодействий).

Выражением этой точки зрения являются уравнения Дирака, в которых волновая функция представляется набором из четырех компонентов ψ , выражаемых через операторы импульса от волновой функции:

$$\psi_{(a)} = - (i\hbar)/(mc) \gamma^{\mu}_{(ab)} \partial \psi_{(b)} / \partial x^{\mu} \rightarrow i\gamma^{\mu} \partial \psi / \partial x^{\mu} + (mc)/\hbar \psi = 0,$$

где γ^{μ} – матрицы Дирака, а каждая из четырех компонентов волновой функции ψ удовлетворяет уравнению Клейна–Фока.

Метафизический принцип процессуальности в квантовой механике проявляется в определении импульса через положения частиц в два соседние близкие моменты времени.

Более серьезное проявление принципа процессуальности можно усмотреть в принципе неопределенностей Гейзенберга $\Delta x \Delta p \geq \hbar$. Очевидно, что уже значение импульса в какой-то момент времени связано с неопределенностью координат, берущихся в два момента времени. Для определения изменения импульса необходимо рассмотрение положения объекта как минимум в три близкие момента времени. Более того, сам факт изменения импульса связан с неким воздействием на объект измерения, что означает наличие некоего процесса. (В классической физике этот процесс описывался бы вторым законом Ньютона.) Таким образом, постоянная Планка в соотношении принципа неопределенностей является фундаментальной характеристикой микропроцесса.

В дополнение к этому следует заметить, что два вида представлений (координатное и импульсное) в квантовой механике можно рассматривать как проявление некой симметрии между двумя категориями в данной теоретико-полевой парадигме.

Для многих слабым местом в данной теоретико-полевой парадигме представляется открытость вопроса о промежуточной стадии перехода микросистем из одного в другое состояние. Если формально подходить к дифференциальным волновым уравнениям, то, казалось бы, в этой парадигме описываются промежуточные стадии переходов. Однако на самом деле их наблюдения обязательно связаны с некими дополнительными квантовыми процессами, заставляющими лишь дробить на части исходный процесс перехода, что переносит обсуждение данной проблемы на еще меньшие масштабы.

Все это приводит к тому, что в копенгагенской формулировке квантовой механики фактически налагается запрет на рассмотрение промежуточных стадий переходов систем из одного квантового состояния в другое. Для ряда исследователей данный факт представляется неудовлетворительным, побуждающим к обсуждению ряда других интерпретаций квантовой механики. Дело усугубляется также привычностью представлений о волновой природе распространения сигналов в рамках классической физики.

3.2. Фейнмановская формулировка квантовой механики

Интересный вариант решения данной проблемы представлен в фейнмановской интерпретации квантовой механики, которая имеет смешанный характер между теоретико-полевой и реляционной парадигмами. С теоретико-полевой парадигмой эту интерпретацию объединяет тот факт, что она строится на фоне готового классического пространства-времени, а с реляционной парадигмой ее объединяет описание взаимодействий в рамках концепции дальнего действия. (Напомним, что концепция дальнего действия является составной частью реляционного подхода.)

В настоящее время фейнмановская формулировка известна как метод квантования посредством суммирования по историям (траекториям) или как метод континуального интегрирования.

Ключевым понятием в фейнмановском подходе является *пропагатор* $K(x', x)$, то есть амплитуда вероятности перехода частицы из одной точки пространства-времени в другую. Таким образом, в этом подходе фактически используется идея Аристотеля в определении движения между двумя пространственно-временными положениями.

Фейнмановский метод квантования основан на двух постулатах [9].

Первый постулат гласит, что амплитуда вероятности $K(B, A)$ перехода (частицы, системы) из положения A в положение B равна сумме комплексных слагаемых $K(\gamma)$ – по одному для каждой классической времени-подобной траектории $\gamma(B, A)$, соединяющей эти положения. Поскольку на самом деле возможные классические траектории (пути) составляют континуум, суммирование означает интегрирование $K(B, A) = \int K(\gamma(B, A)) D\gamma$, где $D\gamma$ – специфическая мера.

Фейнмановский метод самым существенным образом опирается на априорно заданное классическое пространство-время. Способ вычисления по траекториям для случая одной нерелятивистской частицы основан на задании совокупности из n близких пространственных сечений между начальным и конечным значениями времени. Соединив прямыми отрезками все возможные точки на этих сечениях, можно получить множество возможных путей γ между точками A и B , соответствующими данному n (разбиению временного интервала). Обозначая вклад каждого отрезка между точками $(x^0_{(s)}, x^j_{(s)})$ и $(x^0_{(s+1)}, x^j_{(s+1)})$ через $K(s+1, s)$, используется важное свойство этих вкладов вдоль пути γ , соответствующий постулату квантовой механики $K_\gamma(s, r) = K_\gamma(s, k) K_\gamma(k, r)$, где вдоль пути γ : $0 \leq r < k < s \leq n$. Тогда, переходя к пределу $n \rightarrow \infty$, можно выразить амплитуду перехода через многократный интеграл по всем возможным переходам между точками на совокупности 3-мерных сечений. Они образуют сумму по всем возможным путям.

Второй постулат позволяет записать в явном виде элементарные вклады $K(s+1, s)$. Он основан на идее Дирака и состоит в следующем: «Все траектории вносят вклад, одинаковый по абсолютной величине; фаза каждого вклада представляет собой (выраженное в единицах \hbar) классическое дей-

стве, то есть взятый вдоль траектории интеграл от функции Лагранжа по времени» [9. С. 175]. Это означает, что $K(s+1,s) = (1/C)\exp[iS(s+1,s)/\hbar]$, где $S(s+1,s)$ – классическое действие между соседними точками $(x^{0(s+1)}, x^{j(s+1)})$ и $(x^{0(s)}, x^{j(s)})$; C – некий весовой множитель. Мультипликативное свойство для вкладов $K(s,r)$ вдоль пути γ соответствует аддитивности классического действия вдоль γ .

Сформулированные постулаты позволяют определить ранее введенное в теоретико-полевого видения мира понятие амплитуды состояния $\Psi(x^\mu)$ или волновой функции частицы в произвольный момент времени x^0 . Это достигается обобщением пропагатора – амплитуды перехода из фиксированной начальной точки (x^{0_1}, x^{j_1}) – на случай произвольного начального распределения $\Psi(x^{0_1}, x^{j_1})$ в момент времени x^0 : $\Psi(x^0, x^j) = \int K(x^0, x^j; x^{0_1}, x^{j_1}) \Psi(x^{0_1}, x^{j_1}) d^3x^{j_1}$.

Показано, что так определенная волновая функция удовлетворяет (нерелятивистскому) уравнению Шредингера для свободной частицы. Взаимодействие вводится через потенциальную энергию непосредственно в действие в экспоненте, через которую записывается $K(x',x)$. Далее выстраивается здание общепринятой шредингеровской квантовой механики.

Таким образом, в фейнмановском методе квантования предлагается своеобразный ответ на вопрос о промежуточных этапах перехода микросистемы из одного состояния в другое. С одной стороны, как бы промежуточные этапы есть, причем их много, однако, с другой стороны, имеет смысл лишь их сумма, а не отдельные траектории.

3.3. Проблемы фейнмановского метода квантования

Фейнмановский метод квантования обладает рядом недостатков. Первым из них является нерелятивистский характер результирующего уравнения Шредингера. Однако этот недостаток можно преодолеть посредством перехода к обобщенному параметру эволюции, фактически означающему использование идей 5-мерия. Рядом авторов таким образом осуществлено обобщение фейнмановского метода, приводящее к релятивистскому уравнению Клейна–Фока.

Сложнее обстоит дело с непосредственным переходом к уравнению Дирака, если не пользоваться окольным путем «извлечения квадратного корня» из уравнения Клейна–Фока. Как отмечал сам Фейнман: «Если попытаться построить методом интегрирования по траекториям релятивистскую квантовую механику, то оказывается, что уравнение Клейна–Гордона (Клейна–Фока. – Ю.В.) устанавливается легко, но уравнение Дирака непосредственно получить очень трудно» [9]. По этой причине Фейнман начинал построение теории с более позднего этапа, то есть не с интегралов гауссовского вида, а прямо с постулирования пропагатора $K_0(2,1)$, описывающего свободное распространение спинорной частицы из точки 1 в точку 2, который удовлетворяет неоднородному уравнению Дирака.

Важную часть фейнмановской формулировки квантовой теории занимает описание взаимодействий. Для этой цели Фейнман разработал диаграммную технику подсчета эффектов в квантовой электродинамике. Диаграммная техника представляет собой наглядное графическое представление метода последовательных приближений с четкими правилами построения диаграмм, соответствующих тем или иным процессам, и записи по этим диаграммам матричных элементов процессов.

Фейнмановский метод квантования оказался пригодным для решения весьма ограниченного круга задач. Об этом писал и сам Фейнман: «Что касается применений к квантовой механике, то методу интегралов по траекториям присущи, к сожалению, серьезные недостатки» [10. С. 377]. Перечислим главные из них словами самого Фейнмана.

1. «Очень серьезным ограничением является то, что полуцелый спин электронов не имеет простого и ясного представления в нашем методе. Спин электрона можно ввести, если амплитуды вероятности и все величины рассматривать как кватернионы, а не как обычные комплексные числа; однако возникающая при этом некоммутативность таких чисел – серьезное осложнение» [10. С. 377].

2. «Фактически интегрирование по траекториям ни тогда, ни впоследствии не стало удовлетворительным способом устранения расходимостей квантовой электродинамики» [10. С. 12]. Напомним, что попытка решения этой задачи явилась одним из главных мотивов всей программы построения фейнмановской формулировки квантовой механики. В Нобелевской лекции Фейнман сказал: «Я лично считаю, что теория перенормировки – это просто один из способов заметать под ковер трудности электродинамики, связанные с расходимостью. Но, конечно, у меня нет в этом абсолютной уверенности» [11. С. 228].

3. Однако самым главным недостатком фейнмановской формулировки квантовой механики, как нерелятивистской, так и релятивистской, является тот факт, что она строится на фоне уже заданного плоского пространства-времени. Это отражено даже в названиях работ Фейнмана по этому вопросу. Так, его Нобелевская лекция называлась «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте» [11]. основополагающая работа по фейнмановской формулировке квантовой механики называлась «Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике» [9].

Следует подчеркнуть, что использование априорно заданного пространства-времени лежит в самом основании практически всех известных формулировок и интерпретаций квантовой механики. Именно на этом фоне определяются специфические понятия и постулаты квантовой теории. Успешное применение так построенной теории ко многим явлениям микромира дает основание ряду авторов полагать, что в масштабах квантовой механики ($1 \sim 10^{-7}$ см) классические пространственно-временные отношения сохраняют силу.

4. На пути к реляционной интерпретации квантовой механики

Уже фейнмановскую формулировку квантовой механики можно рассматривать как шаг в направлении к реляционной интерпретации, однако предпринимались и более зримые шаги в этом направлении.

4.1. Принцип процессуальности в аксиоматике Дирака

В середине XX века значительные усилия физиков-теоретиков были нацелены на разработку аксиоматики квантовой теории. Предпринимались попытки на строгой математической основе разобраться в том, какие понятия и принципы заложены в фундамент квантовой механики (квантовой теории поля). Примечательно, что в ряде исследований за исходные стремились выбрать не те положения, которые непосредственно связаны со свойствами классического пространства-времени, а некоторые абстрактные принципы, такие как суперпозиция, симметрии и другие.

Здесь, прежде всего, следует обратить внимание на аксиоматику квантовой механики, предложенную П.А.М. Дираком в его книге «Принципы квантовой механики» [12]. В качестве ключевых понятий (примитивов аксиоматики) Дирак выбрал состояние системы (из частиц и переносчиков взаимодействий) и динамические переменные. Он писал: «Состояния и динамические переменные должны характеризоваться математическими величинами другой природы, чем те, которые обычно используются в физике. Новая схема станет точной физической теорией, если будут перечислены все аксиомы и правила действия для математических величин и если, кроме того, будут установлены некоторые законы, связывающие физические факты с математическим аппаратом» [12. С. 31].

Аксиоматика Дирака состоит из нескольких блоков, аналогично тому, как строится аксиоматика геометрии. Первый блок аксиом составляют аксиомы векторного пространства, где ключевую роль играет принцип суперпозиции состояний. Его проявления можно усмотреть уже в свойствах решений линейных волновых уравнений. Этот принцип не имеет классического аналога. Как писал Дирак: «В классическом смысле слова нельзя представить себе, что система находится частично в одном состоянии, а частично в другом, и что это эквивалентно тому, что система целиком находится в некотором третьем состоянии. Здесь вводится совершенно новая идея, к которой нужно привыкнуть и на основе которой следует далее строить точную математическую теорию, не имея при этом детальной физической картины» [12. С. 29].

Следующий блок образуют аксиомы скалярного произведения, которые, можно сказать, реализуют идею Аристотеля в определении понятия движения. Дирак фактически вводит два вида векторов состояний. Один вид он предлагает обозначать символами $|A\rangle$ (ket), а другой вид (со-векторов) символом $\langle B|$ (bras). Между этими двумя видами состояний вводится ска-

лярное произведение, обозначаемое символом $\langle B|A \rangle$ (bracket). Векторы можно трактовать описывающими начальное состояние квантовой системы, тогда как со-векторы – описывающими конечное состояние, а их скалярное произведение определяет амплитуду вероятности перехода из одного состояния в другое. Это как раз и есть то, что Гейзенберг имел в виду, когда писал, что в квантовой механике реализуются идеи Аристотеля.

Дирак определяет известные аксиомы скалярного произведения. Два блока аксиом: векторного пространства и скалярного произведения определяют так называемое унитарное, или предгильбертово, пространство. Таким образом, в данной аксиоматике содержатся метафизические принципы тринитарности (два вида состояний и сопоставленная им амплитуда вероятности) и процессуальности.

Однако для описания микромира этого недостаточно, что заставляет ввести ряд дополнительных аксиом, описывающих представления, операторы и т. д. Эти дополнительные аксиомы позволяют учесть факт вложения квантовых закономерностей в классическое пространство-время с прообразами всех его известных свойств. Фактически здесь опять возникает ситуация, подобная той, с которой в свое время столкнулся Аристотель, который в дополнение к метафизическим принципам тринитарности и процессуальности ввел для описания наблюдаемой реальности ряд дополнительных положений, преодолевать которые пришлось с большим трудом в эпоху Возрождения и Нового времени.

4.2. *S*-матричная формулировка квантовой механики

Наиболее близким к реляционному подходу к квантовой теории является метод *S*-матрицы. Идея *S*-матричного подхода была выдвинута Дж. Уиллером и В. Гейзенбергом и развита в теорию *S*-матрицы в 1960-х годах в трудах ряда авторов. Именно в то время большое внимание уделялось анализу оснований квантовой теории.

В *S*-матричном подходе фактически была развита главная (метафизическая) часть аксиоматики Дирака. Отметим, что эта идея ранее была использована при построении гейзенберговской матричной формулировки квантовой механики, опирающейся на понятие матричных элементов, характеризующих амплитуды вероятности переходов между всеми возможными парами векторов (начальных состояний) и со-векторов (конечных состояний) квантовой системы, а затем уже для построения теории *S*-матрицы в квантовой теории поля. В последней также определяются начальные состояния $\Psi(s)_{-\infty}$ (на минус-бесконечности) и конечные состояния системы $\Psi(r)_{+\infty}$ (на плюс-бесконечности), и, игнорируя даже постановку вопроса о промежуточных состояниях, из неких общих принципов вводятся амплитуды вероятности переходов $S(s,r)$ между парами возможных состояний, характеризующихся некими обобщенными параметрами s и r . Очевидно, что элементы

S -матрицы представляют собой метрику (скалярные произведения) между элементами (векторами) двух множеств.

Отметим, что в большинстве работ S -матрица вводилась как вторичное понятие, исходя из действия или лагранжианов теории поля. Однако рядом исследователей был избран иной путь – предлагалось так переформулировать квантовую теорию, чтобы понятие S -матрицы стало исходным, тогда как более привычные понятия – волновые функции, уравнения, лагранжианы и другие – оказались вторичными, вспомогательными.

Как известно, практически всегда одну аксиоматику можно заменить на иную так, что некоторые теоремы первой становятся аксиомами второй. Тогда аксиомы первой станут теоремами второй, однако в данном случае речь шла не о простом переопределении первичных и вторичных понятий, а предлагалось значительно большее.

В общепринятой квантовой теории приходится выходить за пределы гильбертова пространства, – для ряда процессов некоторые элементы S -матрицы получаются бесконечно большими. В S -матричном же подходе предлагалось исходить из выражений лишь с конечными значениями матричных элементов, непосредственно связанными с измеряемыми величинами. Этот ход мысли заставлял пересмотреть ряд положений существующей теории.

Формулировка квантовой теории на основе S -матричного подхода еще более приблизилась к аристотелевским принципам триединства первоначала, то есть к монистической парадигме. Однако опять вставала задача, с которой столкнулся Аристотель, – необходимо было спуститься от общих принципов триединства к конкретным понятиям и закономерностям физического мира. Для этого нужно было еще опереться на какие-то принципы, позволяющие развернуть содержательную теорию, соответствующую известной физике. В 60-х годах для этой цели в теории S -матрицы были использованы принципы лоренцевской инвариантности, аналитичности, причинности и другие. Очевидно, что это означало включение дополнительных аксиом, соответствующих 4-мерию фоновому пространству-времени, его сигнатуре и других его свойств.

Главные надежды возлагались на свойства аналитичности S -матрицы. Предлагалось перейти к комплексным значениям энергий, тогда интегрирования производились в комплексной плоскости и важную роль приобретали методы анализа комплексных переменных с вычетами, правилами обхода полюсов и т. д. В этом подходе частицы и их характеристики описывались полюсами в комплексной плоскости. Так, в первой половине 1960-х годов Ф. Чью писал: «С новой точки зрения S -матрица представляется идеально подходящим инструментом для отыскания ключа к микромиру. Более того, по всей видимости, этот ключ уже найден – он содержится в аналитичности элементов S -матрицы как функций импульсов входящих и выходящих частиц» [13].

4.3. Следствия и проблемы S-матричного подхода

Некоторые исследователи S-матричного подхода пришли к ряду концептуальных выводов, чрезвычайно важных для всего реляционного миропонимания. Из них выделим отношение к классическому пространству-времени в физике микромира.

Ф. Чью, активный исследователь квантовой теории поля середины XX века, в своей работе с характерным названием «Сомнительная роль пространственно-временного континуума в микроскопической физике» писал: «Как только аналитичность полагается базисным принципом, из нее вытекает невероятное число следствий. Стапп показал, что все общие симметрии, до этого следовавшие из теории поля, могут быть выведены из аналитичности. Более того, предписания, которые составляют квантовую электродинамику, также могут быть выведены. Фактически, *все* предсказательные возможности, даваемые теорией поля, могут быть воспроизведены аналитической S-матрицей без какого-либо упоминания пространства-времени или полей. Это положение было впервые высказано Гелл-Манном в 1956 году и проверено большой серией последующих исследований, проведенных такими авторами, как Голдбергер, Лоу, Мандельстам, Нишиджима, Ландау, Кутковский, Фройссат, Стапп, Полкингорн и Гунсон. И это достижение является только началом» [13. С. 535].

В этой статье фактически поднят чрезвычайно важный концептуальный вопрос о приоритете координатного или импульсного пространств в физике микромира. Известно, что уже в рамках классической аналитической механики проявились поразительные аналогии между координатным и импульсным описанием. Например, это имеет место в канонических уравнениях Гамильтона, в классических скобках Пуассона и в других положениях классической механики. Еще большая аналогия и симметрия координат и импульсов проявилась в квантовой механике и в квантовой теории поля: в соотношениях неопределенностей, в перестановочных соотношениях, в эквивалентности координатного и импульсного представлений и т.д. Этот факт даже заставил некоторых видных физиков-теоретиков поставить вопрос о том, что в физике следует считать более фундаментальным (первичным): координаты (координатное пространство-время) или импульсы (импульсное пространство)?

Из статьи Чью следует, что он выступает за первичный характер импульсного пространства в физике микромира, описываемой на основе S-матричного подхода. Он пришел к выводу, что «концепция пространства и времени играет в современной физике микромира роль, аналогичную той, что играл эфир в макроскопической физике XIX века» [13. С. 529].

Аналогичные соображения можно найти в работе другого активного приверженца теории S-матрицы Ф. Дайсона [14].

Исходя из ряда предварительных успехов теории S-матрицы, Чью задается вопросом: «Почему же тогда не наблюдается панического бегства

физиков от теории поля и пространства-времени в распростертые объятия аналитической теории S -матрицы?» Чью объяснял это консерватизмом физиков и привычкой описывать динамику посредством уравнений поля, выражая уверенность в том, что это временное явление: «Физика двадцатого столетия уже испытала две живительные революции – в виде теории относительности и квантовой механики. Сейчас мы стоим на пороге третьей» [13. С. 539].

Данная статья была написана в середине XX века, но физика в двадцатом столетии так и не переступила порог третьей революции. Время показало, что принцип аналитичности S -матрицы оказался не столь фундаментальным, чтобы поднять физику на принципиально новый уровень – перейти к монистической парадигме. Однако это не умаляет роль S -матрицы в квантовой физике. Правильнее было бы считать, что следует искать иные ключевые свойства S -матрицы, действительно имеющие фундаментальный характер.

5. Бинарная предгеометрия и принцип процессуальности

Понятие амплитуды вероятности перехода между двумя состояниями микрочастиц можно понимать как комплексное отношение между элементами двух множеств. Это заставляет обратиться к реляционной парадигме, где понятие отношения играет ключевую роль. Отметим, что в этом направлении в конце 1960-х годов были получены важные результаты в группе Ю.И. Кулакова [15; 16], причем их авторы не усматривали непосредственной связи этих идей ни с теорией прямого межчастичного взаимодействия, ни с квантовой теорией поля. Тем не менее эти результаты, обобщенные на случай комплексных отношений, оказались чрезвычайно важными именно для построения новой, реляционной интерпретации квантовой механики.

В связи с этим еще раз подчеркнем чрезвычайно важное обстоятельство, имеющееся в аксиоматике Дирака, фейнмановской и S -матричной формулировках квантовой теории, отсутствовавшее в реляционной переформулировке пространства-времени, – наличие не одного, а двух видов векторных пространств, описывающих начальные и конечные состояния систем. Амплитуды вероятности задаются между векторами (элементами) двух противоположных множеств. В работах группы Кулакова было найдено обобщение теории унарных систем вещественных отношений (на одном множестве элементов) на случай двух множеств элементов. Далее необходимо было лишь комплексифицировать эту теорию, используя заложенные в нее принципы, которые имеют метафизический характер и позволяют избавиться от дополнительных постулатов и положений, привлекаемых для учета классических пространственно-временных представлений.

5.1. Принципы бинарной предгеометрии

Кратко поясним основные понятия и принципы теории бинарных систем отношений в наиболее общем виде [17; 18].

1. Постулируется, что имеется не одно, как в случае унарных систем отношений, а два множества неких элементов. Обозначив первое множество символом M , а второе – N , будем записывать элементы первого множества латинскими буквами (i, j, k, \dots), а элементы второго множества – греческими ($\alpha, \beta, \gamma, \dots$).

Между любой парой элементов из разных множеств задается парное отношение – некоторое вещественное или комплексное число $u_{i\alpha}$. Фактически это соответствует как идеям Аристотеля в определении движения, так и постулатам квантовой теории в описанных выше формулировках.

2. Вместо дополнительных постулатов в аксиоматике Дирака или в S -матричной формулировке полагается, что имеется некий *алгебраический закон*, связывающий все возможные отношения между любыми r элементами множества M и s элементами множества N :

$$\Phi_{(r,s)}(u_{i\alpha}, u_{i\beta}, \dots, u_{ky}) = 0.$$

Целые числа r и s характеризуют ранг (r,s) бинарной системы отношений. Очевидно, что функция $\Phi_{(rs)}$ зависит от $r \times s$ аргументов.

Далее постулируется *принцип фундаментальной симметрии*, то есть полагается, что закон остается справедливым при замене элементов i, j, \dots и α, β, \dots на любые другие элементы соответствующих множеств. Есть все основания полагать, что данный принцип фундаментальной симметрии имеет метафизический характер. Напомним, что вся фундаментальная физика XX века демонстрирует многократные проявления симметрий в структуре физике. На этом основаны законы сохранения, инвариантности лагранжианов, калибровочный метод введения взаимодействий и многое другое.

3. Если предположить, что *два множества элементов являются непрерывными*, то наличие фундаментальной симметрии позволяет записать функционально-дифференциальные уравнения и из них найти вид как парных отношений $u_{i\alpha}$, так и саму функцию $\Phi_{(r,s)}(u_{i\alpha}, u_{i\beta}, \dots, u_{ky})$.

Ю.И. Кулаковым была поставлена задача нахождения всех возможных бинарных структур (бинарных систем отношений), исходя из найденного им простейшего примера – бинарной структуры ранга (2.2), в терминах которой был записан 2-й закон Ньютона.

Для случая *вещественных отношений* эта задача в самом общем виде была решена его учеником Г.Г. Михайличенко (см. [19]).

Оказалось, что законы бинарных систем отношений записываются в виде равенств нулю определителей из парных отношений. Отсюда следует, что в построении теории и ее интерпретации ключевую роль играют миноры определителя, через который записан закон бинарной системы отношений.

4. В построенной на этих принципах теории возникают аналоги понятий координат в геометрии или компонент векторов, которые имеют тот же характер, что и в общепринятых геометриях. Чтобы к ним прийти, в законе нужно положить $r-1$ элементов множества M и $s-1$ элементов множества N *эталонными*. Тогда на этот закон можно смотреть как на соотношение, определяющее парное отношение между двумя оставшимися неэталонными элементами (пусть это будут элементы i и α) через их отношения к эталонным элементам. Отношения же между самими эталонными элементами можно считать раз и навсегда заданными. Тогда оказывается, что парное отношение $u_{i\alpha}$ характеризуется $s-1$ параметрами (координатами) элемента i (его отношениями к $s-1$ эталонным элементам множества N) и $r-1$ параметрами элемента α .

Получаемые таким образом параметры как раз и выполняют роль пространственно-временных или импульсных отношений, которых не хватало в аксиоматиках квантовой теории (как Дирака, так и в S -матричной формулировке).

5. Существенно подчеркнуть, что развиваемая таким образом теория опирается исключительно на систему внутренних понятий, то есть не нуждается в привлечении посторонних факторов, например, классических пространственно-временных представлений.

В этой связи невольно вспоминается высказывание Э. Маха, сделанное в самом начале XX века: «Физическое пространство, которое я имею в виду (и которое включает в себе вместе с тем и время), есть не что иное, как *зависимость явлений друг от друга*. Совершенная физика, которая распознала бы эту основную зависимость, не имела бы больше никакой надобности в особых воззрениях пространства и времени, так как они и без того были бы уже исчерпаны» [20. С. 428].

Более подробно данная теория изложена в ряде наших публикаций [17; 18].

5.2. Следствия открытия бинарных геометрий

Открытие бинарных систем отношений приводит к ряду далеко идущих следствий, важных как для построения реляционной формулировки квантовой теории, так и всего миропонимания. Назовем главные из них.

1. Теория бинарных систем отношений строится по образу и подобию теории унарных систем отношений, соответствующих общепринятым геометриям. Следовательно, найденные в группе Кулакова бинарные физические структуры (бинарные системы отношений) можно трактовать как новый класс *бинарных геометрий*, в которых можно ввести аналоги многих известных геометрических понятий, например, объемов, площадей и т. д.

2. *Унарные системы отношений (общепринятые геометрии) можно получить из бинарных систем отношений* специальной «склеивкой» элемен-

тов из двух множеств в новые элементы уже одного множества, причем отношения между ними строятся из первичных бинарных отношений.

3. В исследованиях группы Кулакова было доказано, что *отсутствуют нетривиальные содержательные теории тернарных, тетрадных и т. д. систем вещественных отношений*. Следовательно, природа ограничилась случаями бинарных и унарных систем отношений, причем теория бинарных систем отношений оказалась значительно проще теории унарных структур.

Следовательно, есть все основания полагать, что *бинарные системы отношений тесно связаны с метафизикой, описывают более глубокие основы мироздания, нежели общепринятые (унарные) геометрии*. Они отражают метафизические принципы триединства и процессуальности (два множества элементов и отношения между ними).

4. В теориях геометрического миропонимания ставится задача геометризации основных понятий физики и разработки объединенных моделей физических взаимодействий на основе обычной, то есть унарной геометрии. В теоретико-полевом подходе физика строится на фоне унарной геометрии. Однако, поскольку существуют более элементарные бинарные геометрические конструкции, естественно, возникает мысль – *положить в основу программы геометризации физики именно бинарные системы отношений*. Это и предлагается делать в развиваемой нами бинарной геометрофизике, опирающейся на бинарную предгеометрию.

5. Чрезвычайно важным обстоятельством развиваемой теории является то, что в ней удастся обосновать известные свойства классического пространства-времени. Было показано, что эти свойства определяются бинарными системами комплексных отношений (БСКО) минимальных симметричных рангов (2,2) и (3,3). Оказалось, что в БСКО ранга (3,3) элементы бинарной предгеометрии описываются 2-компонентными спинорами, что обуславливает спинорный характер основных элементарных частиц. В рамках этой теории строится реляционный прообраз уравнений Дирака, не опираясь на готовое пространство-время.

От БСКО ранга (3,3) путем своеобразной «склейки» элементов двух множеств можно перейти к унарной системе отношений, соответствующей общепринятой геометрии на одном множестве, причем в итоге получается 4-мерная геометрия с общепринятой сигнатурой (+ – – –). Эта процедура соответствует общепринятому переходу от спиноров к 4-мерной геометрии. Таким образом, *бинарная предгеометрия позволяет обосновать как 4-мерность классического пространства-времени, так и его сигнатуру*.

Таким образом, фундаментальный характер ранга (3,3) в развиваемой теории опять следует связать с проявлением метафизического принципа тринитарности.

6. В рамках бинарной геометрофизики обосновывается тот факт, что при переходе от классической к квантовой физике проявляется своеобразное извлечение «квадратных корней» из привычных классических величин и соотношений. Прежде всего, следует назвать спиноры как «квадратные корни

из векторов». Аналогичным примером является введение амплитуд вероятности в квантовой механике «как квадратных корней из классической вероятности». В общей теории относительности при описании спинорных частиц важную роль играют тетрады, которые также можно рассматривать как своеобразные «квадратные корни из компонент метрического тензора». Примечательно, что все названные примеры так или иначе связаны с квантовой теорией. Открытие бинарных предгеометрий следует поставить в один ряд с названными примерами, то есть *бинарную предгеометрию можно назвать корнем квадратным из обычной унарной геометрии* в том смысле, что, «склеивая» два множества элементов бинарной системы отношений, получаем одно множество точек обычной геометрии.

Заключение

Исходя из изложенного, можно сделать ряд выводов.

1. В данной статье предложен анализ квантовой теории на основе метафизических принципов триединства и процессуальности. В связи с этим следует подчеркнуть, что в задачу метафизики не входит приведение каких-либо доказательств. Этим занимается математика и теоретическая физика. В задачу метафизики входит анализ так или иначе построенных теорий на предмет соответствия их добытым общим принципам мировой культуры, а также выявление путей их дальнейшего развития.

2. Открытие бинарных предгеометрий позволяет преодолеть ряд трудностей, возникавших в многократных попытках построения аксиоматики квантовой теории, опираясь лишь на самостоятельную систему понятий и принципов, присущих физике микромира, то есть не привлекая понятия классического пространства-времени.

3. В данной статье рассмотрены лишь те аспекты квантовой теории, которые непосредственно связаны с метафизическими принципами триединства и процессуальности. В наших работах [17; 18] было показано, что для более полного формирования квантовой теории необходимо еще привлечь соображения реляционно-статистического подхода к природе классического пространства-времени. Эти оставшиеся за пределами данной статьи соображения тесно связаны с метафизическим принципом цельности мироздания, который в значительной степени соответствует принципу Маха.

4. Чрезвычайно важным обстоятельством является тот факт, что бинарная предгеометрия основывается на ключевых метафизических принципах (триединства, цельности и процессуальности), вскрытых при анализе как развития фундаментальной теоретической физики в XX веке, так и содержания философских и мировых религиозных систем, содержащих в себе истины, выработанные человечеством на протяжении многих веков и даже тысячелетий.

5. Особого внимания заслуживает тот факт, что обсуждаемые здесь проявления в физике принципов триединства и процессуальности содержат

ся как в древнекитайском даосизме, так и в христианском учении в виде догмата Святой Троицы, что открывает новые возможности для сопряжения науки и религии. Это уже почувствовали создатели квантовой механики. Например, В. Паули писал: «И если само естествознание ломает эти узкие рамки – как оно это сделало в теории относительности и в еще большей мере способно сделать в квантовой теории, о которой мы теперь с таким жаром спорим, – то соотношение между естествознанием и тем содержанием, которое хотят охватить своими духовными формами религии, начинает выглядеть опять-таки иначе. <...> В будущем, думая о порядке мироздания, нам следовало бы придерживаться середины, как она очерчена, например, в принципе дополнительности Бора. Наука, построенная на таком образе мысли, будет не только терпимее к различным формам религии, но сможет, пожалуй, полнее рассматривая целое, обогатить и мир ценностей» [4. С. 210].

В аналогичном духе высказывался и Нильс Бор: «Но прежде всего надо уяснить себе, что в религии язык используется совершенно иначе, чем в науке. Язык религии родственнее скорее языку поэзии, чем языку науки... Если религии всех эпох говорят образами, символами и парадоксами, то это, видимо, потому, что просто не существует никаких других возможностей охватить ту действительность, которая здесь имеется в виду. Но отсюда еще вовсе не следует, что она не подлинная действительность. И расщепляя эту действительность на объективную и субъективную стороны, мы вряд ли здесь далеко продвинемся. Поэтому я как раскрепощение нашего мышления ощущаю то, что развитие физики за последние десятилетия показало нам, насколько проблематичны понятия “объективности” и “субъективности”. Это обнаружила уже общая теория относительности... в квантовой механике отход от этого идеала произошел намного более радикально» (цит. по [4]).

В дополнение к этому можно было бы привести ряд высказываний в аналогичном духе российских философов «серебряного века» В.С. Соловьева, С.Н. Булгакова и других.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Владимирова Ю.С. Метафизика. – М.: БИНОМ (Лаборатория базовых знаний), 2009.
- 2 Еремеев В.Е. Традиционная наука Китая. Краткая история и идеи. – М.: Изд-во «Спутник», 2011.
- 3 Гайденко П.П. История греческой философии в ее связи с наукой. – М.: Изд-во «Университетская книга», 2000.
- 4 Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989.
- 5 Юнг К.Г. Ответ Иову. – М.: Изд-во «Канон», 1995.
- 6 Гриб А.А. Диспут о филиокве и раскол Запад-Восток // Христианство и наука (Рождественские чтения-2001). – М.: Просветитель, 2000. – С. 111–152.
- 7 Гайденко П.П. История новоевропейской философии в ее связи с наукой. – М.: Изд-во «Университетская книга», 2000.
- 8 Эйнштейн А. Религия и наука // Собр. науч. трудов. Т. 4. – М.: Наука, 1967. – С. 126–129.

- 9 Фейнман Р. Пространственно-временной подход к нерелятивистской квантовой механике // Вопросы причинности в квантовой механике. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1955. – С. 167-207.
- 10 Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. – М.: Мир, 1968.
- 11 Фейнман Р. Нобелевская лекция «Разработка квантовой электродинамики в пространственно-временном аспекте» // Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Мир, 1968.
- 12 Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики. – М.: Физматгиз, 1960.
- 13 Chew G.F. The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress. – 1963. – Vol. LI. – No. 204. – P. 529–539.
- 14 Дайсон Ф. S-матрица в квантовой электродинамике // Новейшее развитие квантовой электродинамики. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1954.
- 15 Кулаков Ю.И. О новом виде симметрии, лежащей в основании физических теорий феноменологического типа // Доклады АН СССР. – 1971. – Т. 201. – № 3. – С. 570–572.
- 16 Кулаков Ю.И. Теория физических структур. – М., 2004.
- 17 Владимиров Ю.С. Физика дальнего действия. Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.
- 18 Владимиров Ю.С. Реляционная концепция Лейбница – Маха. – М.: ЛЕНАНД, 2017.
- 19 Михайличенко Г.Г. Математические основы и результаты теории физических структур. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2012.
- 20 Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. – Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2000.

PRINCIPLES OF METAPHYSICS AND QUANTUM MECHANICS

Yu.S. Vladimirov

Based on an analysis of the development of world culture, the key principles of metaphysics are formulated. A view of the content of quantum mechanics (theory) from the viewpoint of feasibility of metaphysical principles – mainly, the principles of trinity and processuality – is proposed. The difficulties related to the use of the concepts of classical space-time are pointed out. It is shown that they are removed if the traditionally used space-time background is replaced with the concepts of binary pregeometry. A brief description is given of the main concepts and the results already achieved within the framework of the relational interpretation of quantum mechanics developed on the basis of binary pregeometry.

Key words: metaphysics, principles of trinity, wholeness and processuality, quantum mechanics, binary systems of complex relations, binary pregeometry, philosophy, religion.