
ПРОБЛЕМА ВЫВОДА КЛАССИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ ИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФИЗИКИ МИКРОМИРА

Ю.С. Владимиров

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

Сформулирована одна из основных проблем современной фундаментальной физики: вывод представлений классического пространства-времени из более элементарных понятий и закономерностей физики микромира, вместо того, чтобы продолжать подкладывать априорно заданное пространство-время под все теоретические построения. Рассмотрены три направления поиска решения этой проблемы: твисторная программа Р. Пенроуза, кватернионная программа А.П. Ефремова и бинарная геометрофизика. Кратко охарактеризованы их исходные положения и полученные результаты.

Ключевые слова: квантовая механика, пространство-время, твисторы Пенроуза, кватернионы, бинарная геометрофизика, теория систем отношений.

Введение

В нашей предыдущей статье «Реляционно-статистическая интерпретация квантовой механики» [1] обращалось внимание на уже четко поставленную в повестку дня современной фундаментальной теоретической физики проблему вывода классических пространственно-временных представлений из понятий и закономерностей физики микромира, вместо того чтобы продолжать подкладывать классическое пространство-время под все теоретические построения: написания лагранжианов, дифференциальных уравнений и т.д. Среди исходных положений физики микромира, в первую очередь, следует иметь в виду понятия и закономерности квантовой теории.

На необходимость решения этой проблемы уже в 1930-х гг. обращал внимание один из создателей квантовой механики Л. де Бройль. В те же 30-е гг. эту проблему поднимал в своих лекциях академик Л.И. Мандельштам. В 1960-х гг. эта проблема ставилась более настойчиво в трудах физиков: Дж.Ф. Чью, Е.Дж. Циммермана, Д. Ван Данцига и ряда других авторов. Об этом писал и наш соотечественник математик П.К. Рашевский в своей широко известной книге «Риманова геометрия и тензорный анализ». Неоднократно об этой проблеме писали философы, как зарубежные, так и отечественные. Среди последних следует назвать М.Д. Ахундова, И.С. Алексева и некоторых других (см. [2]). Однако, как правило, авторы в своих работах

ограничивались указанием на важность решения этой проблемы, отмечали сложности ее решения, но не было ясно, как подступиться к ее решению.

На рубеже XX и XXI столетий эта проблема уже встала во весь рост. О ней писали Р. Пенроуз, М.Б. Менский, Б. Грин, Ю.И. Манин, А.Ю. Севальников и др. Из истории физики достаточно хорошо известно, что от постановки фундаментальной проблемы до ее решения, как правило, проходит немало времени. Необходимо созревание ряда необходимых условий.

1. Комплекс задач, составляющих проблему

Как нам представляется, сегодня мы уже достаточно далеко продвинулись в понимании сути данной проблемы и близки к ее решению.

Стали более понятны трудности, стоящие на пути решения этой проблемы, осознан комплекс составных частей проблемы. Перечислим главные из них.

1. Прежде всего, следует иметь в виду, что, говоря о классическом пространстве-времени, мы имеем дело с расслоенным пространством, состоящим из базы, каковой является координатное пространство, и слоя – касательного пространства скоростей или импульсного пространства. Необходимо теоретически обосновать наличие этих двух составляющих расслоенного пространства.

2. Далее необходимо теоретически обосновать размерность 4 и сигнатуру (+ – – –) координатного пространства-времени. Напомним, что еще Э. Мах в середине XIX в. размышлял над вопросом: почему пространство трехмерно? Уже в XX в. над задачей теоретического обоснования 4-мерности пространства-времени бились А. Эйнштейн, А. Эддингтон и ряд других авторов.

3. В общепринятом понимании слой – пространство скоростей – определяется координатной базой, однако, согласно специальной теории относительности, пространство скоростей описывается геометрией Лобачевского, отличной от геометрии пространства Минковского. В физике имеется много факторов, свидетельствующих о симметриях координат и импульсов: канонические уравнения в классической механике, принцип неопределенностей и симметрии координатного и импульсного представлений в квантовой механике. Чем обусловлены как симметрии, так и несомненные различия?

4. Необходимо теоретически обосновать квадратичность мероопределения как в координатном, так и в импульсном пространствах, то есть почему имеет место теорема Пифагора и ее обобщение в виде квадратичной метрики в общей теории относительности $ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta$? Можно высказать предположение, что решение первой из поставленных задач даст ответ и на данный вопрос.

5. Почему элементарные частицы описываются спинорными волновыми функциями, когда, казалось бы, проще было бы описывать их скалярами или векторами? Как писал Дж. Уилер, для решения этого вопроса в США соби-

ралась отдельная конференция. Намек на возможное решение этого вопроса можно усмотреть в высказывании Ю.И. Манина, который пишет: «Группа Лоренца является странной группой с вещественной точки зрения, но если заменить ее на $SL(2, \mathbb{C})$ – группу комплексных (2×2) -матриц, мы получаем очень естественный объект – группу симметрии простейшего мыслимого пространства состояний квантовой системы. Не значит ли это, что спиновые степени свободы являются более фундаментальными, чем пространственно-временные? В группе $SL(2, \mathbb{C})$ таинственное для нас разделение Мира на пространство и время содержится неявно, и поэтому его существование “объясняется” на основе принципов, не предполагающих такого расщепления заранее» [3].

6. Почему для описания физики микромира используются комплексные числа, тогда как общепринятые геометрии и классическая физика излагаются на основе множества вещественных чисел? Если ставится задача вывода классических представлений из микропонятий, то где, на каком уровне комплексные числа заменяются на вещественные?

7. Чем обусловлен вероятностный характер квантовой теории и как от исходно вероятностной природы микромира перейти к классическому детерминизму?

8. Каким образом геометрические свойства пространства и времени связаны с физическими взаимодействиями? Такая связь несомненно имеется. Напомним, что уже И. Кант связал закон убывания сил обратно пропорционально квадрату расстояния с трехмерностью пространства.

Можно назвать и ряд других важных вопросов, решение которых входит составной частью в решение поставленной проблемы вывода классического пространства-времени из понятий и закономерностей физики микромира.

В современной литературе представлены несколько подходов к решению поставленной проблемы. Здесь остановимся на трех, наиболее разработанных подходах, представленных в твисторной программе Р. Пенроуза, в кватернионной программе А.П. Ефремова и в нашей бинарной геометрофизике.

2. Твисторная программа Р. Пенроуза

Р. Пенроуз, обосновывая назначение своей твисторной программы, пишет: «Если единый подход к квантовой физике и геометрии пространства-времени существует, то тип математического описания, пригодный для одной из них, должен подходить и для другой. Один из главных побудительных мотивов развития теории твисторов состоит в том, что она дает математическое описание физики, которое базируется целиком на комплексной структуре; при этом геометрия четырехмерного пространства-времени и квантовомеханический принцип суперпозиции возникают как тесно связанные аспекты этой комплексной твисторной структуры» [4. С. 14]. Далее

можно найти такие слова: «Есть надежда, что в рамках общей твисторной программы удастся достигнуть более глубокого понимания между квантовой механикой или квантовой теорией поля (неразрывно связанными с теорией функций комплексного переменного) и классической структурой пространства-времени» [4. С. 608].

Напомним, что Р. Пенроуз постулирует в качестве исходных понятий своей теории 2-компонентные спиноры, из пар которых формируется понятие твистора. Поскольку известно, что для спиноров характерна группа преобразований $SL(2, \mathbb{C})$, и из спиноров строятся 4-мерные векторы, интерпретируемые в рамках координатного пространства, то тем самым фактически вводится 4-мерность пространства-времени с известной сигнатурой. Это решает лишь часть названных выше проблем. Остающиеся проблемы приходится решать искусственным образом (см. [5]) примерно так, как это делается в общепринятой теории поля на фоне готового пространства-времени.

В личной беседе мы спросили Пенроуза: правильно ли мы понимаем, что твисторная программа нацелена на построение модели классического пространства-времени и квантовых закономерностей? На это он ответил: «Yes». Тогда был задан второй вопрос: удалось ли на основе твисторной программы реализовать задуманное? На это Пенроуз четко ответил: «No!»

Как нам представляется, игнорирование реляционного подхода составляет один из главных недостатков программы Пенроуза, что приводит к фактическому использованию традиционной теории поля. Тем не менее следует отметить, что Пенроузом признаются идеи макроскопической (статистической) природы пространства-времени. В одной из своих работ он пишет: «В предшествующих работах (они указываются. – Ю.В.) было показано, что можно ввести понятие евклидова пространства, исходя из предела вероятностей взаимодействия большой сети частиц, квазистатически обменивающихся спинами. При таком подходе евклидова структура возникает из комбинаторных правил, которым удовлетворяет полный угловой момент в нерелятивистской квантовой механике» [4. С. 132].

3. Кватернионная программа А.П. Ефремова

Определяя цель и возможности кватернионной программы, А.П. Ефремов пишет: «Автор полагает, что фундаментальная математика кватернионных чисел содержит в себе – и при надлежащем внимании позволяет извлечь – большое число математических моделей и соотношений, которые сегодня считаются независимыми физическими теориями. В этом смысле по духу (но, конечно, не по содержанию) данное исследование весьма близко работам тех авторов (см. работы Ю.И. Кулакова, Ю.С. Владимирова), которые выстраивают системную логику “рождения теорий” на базе фундаментальных соотношений, никак не зависящих от физического эксперимента. Представляется, что именно такая фундаментальная системность предос-

тавит необходимый материал и инструменты, а главное – определит верные направления развития адекватной истине математической формулировки физических явлений в новом веке. Или в новом тысячелетии» [6. С. 16].

А.П. Ефремов выбрал иные, по сравнению с Р. Пенроузом, исходные понятия и принципы, – он решил начать не с комплексных чисел, а с кватернионов. В связи с этим следует напомнить, что развитие математики шло в направлении:

целые положительные числа → множество целых чисел → рациональные числа → множество вещественных чисел → комплексные числа → кватернионы → октавы.

Из истории математики (естествознания) известно, что при открытии каждого последующего вида чисел возникали ожесточенные дискуссии об их смысле и об их отношении к реальному миру. Так, например, было при возникновении проблемы квадратуры круга, при обсуждении смысла комплексных чисел и т. д.

В XX в. выяснилось, что для описания физики микромира необходимо использовать комплексные числа и, если считать закономерности микромира первичными, то необходимо повернуть цепочку обсуждения последовательности исходных чисел в обратном направлении. В программе Р. Пенроуза фактически предложено начинать с комплексных чисел, а в программе А.П. Ефремова предлагается начать с еще более абстрактных чисел, не обладающих свойством коммутативности, – с кватернионов. На этом пути исследований был получен ряд интересных результатов, излагаемых в книге [6] и статьях Ефремова [7].

4. Бинарная геометрофизика

В нашей программе, названной бинарной геометрофизикой, предлагается исходить из абстрактной теории отношений между некими элементами, образующими элементарные частицы. Полагается, что в основе теории лежат именно процессы между взаимодействующими частицами. Это означает, что используется не одно, а два множества элементов, соответствующих исходному и конечному состояниям микросистем. Фактически это соответствует идеологии S-матричного подхода в квантовой теории. Постулируются отношения между элементами противоположных множеств, описываемые комплексными числами, а также наличие некоего закона, связывающего парные отношения между произвольными r элементами одного и r элементами другого множества. Из этих отношений определяются параметры элементов. На основе этих соображений строится содержательная теория бинарных систем комплексных отношений (БСКО), которую предложено положить в основу описания физики микромира.

На этом пути исследований получен ряд интересных результатов, в частности, показано, что простейший вариант БСКО ранга (3,3) приводит к тому, что элементы теории описываются 2-компонентными спинорами. Это

означает, что понятия спиноров не следует постулировать, как это делает Пенроуз, а они получаются как необходимое следствие теории. Из этого факта далее следует известная размерность четыре и сигнатура (+ – – –) используемого пространства-времени. Все это изложено в ряде наших работ (см. [1, 8, 9, 10]).

К полученным ранее результатам добавим следующее обстоятельство. Дело в том, что в теории БСКО элементы каждого из двух множеств характеризуются параметрами, строящимися из отношений к эталонным элементам противоположного множества. Однако при этом возникает двойственность, – взяв произвольный элемент в множестве, мы можем вводить параметры относительно либо элементов в будущем множестве, либо относительно элементов в прошлом множестве. Предлагается связать эту двойственность с тем фактом, что в классическом пространстве мы имеем дело с расслоенным пространством, состоящим из базы и слоя. В качестве базы выступает координатное пространство, тогда как слой описывает пространство скоростей (импульсное пространство). Параметры элементов, характеризующие относительно прошлого, предлагается считать определяющими прообраз координатного пространства, тогда как параметры, задаваемые отношениями к элементам будущего множества, следует трактовать определяющими прообраз пространства скоростей (импульсов).

Предлагается считать эту двойственность обоснованием наличия в классической физике координатного и импульсного пространств, а в квантовой теории – истоком принципа неопределенностей.

Заключение

К упомянутым здесь трем направлениям поиска решений сформулированной проблемы следует добавить еще ряд каналов исследований, в частности, следует назвать работы А.Л. Круглого [11] по причинной теории на основе теории графов.

Особо следует подчеркнуть, что в современной физике исследования проводятся в рамках трех метафизических парадигм: доминирующей ныне теоретико-полевой, в рамках которой строится квантовая теория поля, геометрической, к которой принадлежит общая теория относительности и ряд ее естественных обобщений, и реляционной, к которой следует отнести работы Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ф. Хойла, Дж. Нарликара и ряда других авторов. Для получения наиболее полных представлений о физической реальности необходимо уметь смотреть на нее под всеми тремя углами зрения, соответствующими трем названным парадигмам.

Однако для решения сформулированной выше программы вывода классического пространства-времени из квантовых закономерностей и свойств физики микромира необходимо использовать именно реляционную парадигму, так как понятия поля и представления геометрической парадигмы имеют смысл лишь при наличии уже готового пространственно-временного

континуума. Многие трудности возникают из эклектического характера исследований, когда вместе используются понятия и закономерности из разных метафизических парадигм. Необходимо иметь в виду это обстоятельство, но, тем не менее, нужно учитывать результаты, полученные в рамках разных парадигм. Тем более это относится к результатам, полученным в перечисленных выше направлениях исследований, непосредственно нацеленных на решение сформулированной фундаментальной проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Реляционно-статистическая интерпретация квантовой механики // *Метафизика*. – 2015. – № 1 (15). – С. 10–24.
2. *Владимиров Ю.С.* Природа пространства-времени: Антология идей. – М.: ЛЕНАНД, 2015.
3. *Манин Ю.И.* Математика как метафора. – М.: Изд-во МЦНМО, 2008.
4. *Пенроуз Р.* Структура пространства-времени. – М.: Мир, 1972.
5. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. – М., Ижевск: Институт компьютерных исследований. НИЦ «регулярная и хаотическая динамика, 2007.
6. *Ефремов А.П.* Кватернионные пространства, системы отсчета и поля. – М.: Изд-во РУДН, 2005.
7. *Ефремов А.П.* Спасение алгебр и разгадка секретов механики // *Метафизика*. – 2013. – № 3 (9).
8. *Владимиров Ю.С.* Основания физики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
9. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
10. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
11. *Круглый А.Л.* Идеи, лежащие в основании гипотезы причинности множества в квантовой гравитации // *Метафизика*. – 2014. – № 2 (12). – С. 126–145.

THE PROBLEM OF DERIVING CLASSICAL SPACE-TIME FROM THE LAWS OF MICROSCOPIC PHYSICS

Yu.S. Vladimirov

This article formulates one of the main problems of modern fundamental physics – the problem of deriving the notions of classical space-time from more elementary concepts and laws of the physics of microscopic world instead of continuing to base all theoretical constructs on an a priori preset space-time. Examined are three areas of searches for the solution to this problem: Penrose's twistor program, A.P. Yefremov's quaternionic program, and binary geometrophysics. A brief description is given of their starting points and the results obtained.

Key words: quantum mechanics, space-time, Penrose's twistors, quaternions, binary geometrophysics, relations systems theory.