

DOI: 10.22363/2224-7580-2023-4-19-40
EDN: VPLPHK

ПРИНЦИПЫ МЕТАФИЗИКИ В ТЕОРИИ ФИЗИЧЕСКИХ СТРУКТУР И В МЕТАРЕЛЯЦИОННОЙ ПАРАДИГМЕ

Ю.С. Владимиров

Физический факультет

*Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 2;*

Институт гравитации и космологии

Российского университета дружбы народов

Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Аннотация. В работе показаны, во-первых, три основные причины, заставляющие приступить к пересмотру сложившихся представлений о физической реальности: непригодность классического пространства-времени в физике микромира, неудачи в попытках совмещения принципов квантовой теории и общей теории относительности и, главное, наличие третьей физической парадигмы – реляционной. Во-вторых, представлены три составляющие реляционной парадигмы, заставляющие обратить внимание на необходимость использования ключевых метафизических принципов. В-третьих, сформулированы три ключевых метафизических принципа. В-четвертых, показано, что в настоящее время уже предложен математический аппарат, отображающий единство трех метафизических принципов. Его основы были заложены в теории физических структур Ю.И. Кулакова и его группы. Наконец, в-пятых, показаны основные результаты применения теории бинарных систем комплексных отношений для решения проблем физики микромира.

Ключевые слова: основания физики, три физические парадигмы, принципы метафизики, реляционная и метареляционная парадигмы, теория бинарных систем комплексных отношений, элементарные частицы, теория атома

Введение

В ряде наших работ (см. [1–4]) отмечалась назревшая необходимость пересмотра современных представлений о физической реальности. Главными факторами, свидетельствующими об этом, являются, во-первых, *непригодность классических пространственно-временных представлений для построения физики микромира*. Об этом неоднократно писал ряд известных физиков. Вторым фактором является тот факт, что на протяжении практически всего XX века исследования в области фундаментальной физики велись в рамках двух различных парадигм: доминирующей **теоретико-полевой**, основанной на принципах классической и квантовой теории поля, и **геометрической**, основанной на принципах общей теории относительности и ее геометрических

обобщений. Теории этих двух парадигм строятся на принципиально различных основаниях, тогда как у физиков непоколебима уверенность в единых основаниях физического мироздания. Многочисленные попытки объединения принципов этих двух парадигм оказались безуспешными, несмотря на то, что эту проблему пытались решить ведущие физики-теоретики XX века: А. Эйнштейн, Дж. Уилер, Р. Фейнман, Р. Пенроуз и многие другие.

Неудачи решения данной проблемы, обычно именуемой как проблема квантования гравитации, заставил произвести анализ использовавшихся при этом представлений о физической реальности, начиная с классической (ньютоновой) физики и далее вплоть до теорий рубежа XX–XXI веков. Осмысление двух общепринятых в XX веке теорий позволило выявить, точнее воскресить, третью физическую парадигму – **реляционную**, основанную на идеях, ранее высказанных в трудах Г. Лейбница и Э. Маха. Кроме того, анализ позволил также выявить суть использовавшихся теорий и тем самым вскрыть причины неудач. На суть имеющихся парадигм можно взглянуть с позиций 2-го закона Ньютона $ma = F$, где три символа фактически отображали три основные категории, на базе которых строилась классическая физика:

- 1) символ a соответствует категории пространства и времени, а после создания специальной теории относительности – пространство-время;
- 2) символ m отображает категорию частиц (тел), мыслимо помещаемых в пространство-время;
- 3) символ F соответствует категории полей переносчиков взаимодействий.

В XX веке осознано (или не очень) физики стремились опереться не на три, а на меньшее число ключевых категорий (желательно на нечто единое). Удалось перейти от трех категорий к двум, причем это оказалось осуществимым посредством объединения пар из названных трех категорий в одну обобщенную категорию при сохранении независимой третьей. Очевидно, что имеются три такие возможности.

1) Объединение категорий частиц и полей переносчиков взаимодействий в единую категорию поля амплитуды вероятности фактически привело к созданию *теоретико-полевой парадигмы*.

2) Объединение категорий пространства-времени и полей переносчиков взаимодействий породило *геометрическую парадигму*.

3) Третья – *реляционная – парадигма* строится на основе объединения категорий частиц (тел) и отношений между ними.

Велик соблазн полагать, что мы поймем физическое мироздание, если разберемся в сути названных категорий. Однако не будем спешить и вспомним пророческие слова Эрнста Маха, сказанные более ста лет тому назад в период перехода от ньютоновой механики к представлениям новой физики (теории относительности и квантовой механики): «Средствам мышления физики, понятиям массы, силы, атома, вся задача которых заключается только в том, чтобы побудить в нашем представлении экономно упорядоченный опыт, большинством естествоиспытателей приписывается реальность, выходящая

за пределы мышления. Более того, полагают, что эти силы и массы представляют то настоящее, что подлежит исследованию, и если бы они стали известны, все остальное получилось бы само собою из равновесия и движения этих масс... Мы не должны считать *основами* действительного мира те интеллектуальные вспомогательные средства, которыми мы пользуемся для *постановки* мира на сцене нашего мышления» [5. С. 432].

Это в полной мере относится и к понятиям, соответствующим названным физическим категориям. Согласно Маху, используемые ныне как классические, так и обобщенные новые категории являются лишь временными, вспомогательными средствами, удобными для восприятия мироздания на соответствующем этапе развития физики.

Реляционная парадигма ставит под сомнение дальнейшую плодотворность понятий, используемых в первых двух дуалистических парадигмах. Она опирается на свою систему из трех составляющих.

1. Реляционное понимание природы пространства-времени как вторичной категории, следующей из самостоятельной системы понятий и закономерностей физики микромира. Это понимание альтернативно ныне общепринятому субстанциальному пониманию с использованием понятий вакуума.

2. Описание физических взаимодействий на базе концепции дальнего действия, альтернативной ныне общепринятой концепции ближнего действия. Если пространство-время не является априорно заданным, то понятию поля не по чему распространяться.

3. Описание свойств локальных систем на основе принципа Маха, то есть событий и свойств всей Вселенной вместо общепринятого описания с использованием флуктуаций вакуума и скалярных хиггсовских бозонов.

1. Ключевые метафизические принципы

Наличие триалистической классической (ньютоновой) парадигмы, опирающейся на три категории, а также наличие трех видов дуалистических парадигм (на парах категорий) заставляет обратить внимание на понятия троичности и дуализма. Более того, реляционная парадигма выявляет три вида двоичностей: 1) реляционное или субстанциальное понимание пространства-времени; 2) описание взаимодействий на базе принципов дальнего действия или ближнего действия; 3) описание свойств объектов (массы, инерции и других) посредством принципа Маха или флуктуаций вакуума. К этому следует еще добавить огромное число проявлений двоичностей, троичностей, а также симметрий внутри теорий всех трех парадигм. Все это *позволяет сформулировать три ключевых метафизических принципа*.

1. Метафизический принцип дуализма, в частности проявляющийся в двух подходах к физической реальности: редукционизм и холизм. В редукционистском подходе целое трактуется через свойства составных частей, тогда как в холистическом подходе части определяются свойствами целого.

В частности, проявлениями этого принципа являются следующие дуальности:

- 1) в электродинамике ключевую роль играют элементарные частицы двух противоположных зарядов: положительного и отрицательного;
- 2) атомные ядра состоят из двух видов нуклонов: протонов и нейтронов;
- 3) атомы состоят из двух видов элементарных частиц: нуклонов, образующих атомные ядра, и электронов;
- 4) элементарные частицы описываются 2-компонентными спинорами;
- 5) массивные частицы в электродинамике представляются состоящими из левых и правых компонент;
- 6) в процессе эволюции существенны два противоположных состояния: начальное и конечное.

Имеется множество других проявлений этого принципа.

2. Метафизический принцип тринитарности, в редукционистском подходе имеющий характер троичности, а в холистическом подходе – смысл триединства.

В частности, проявлениями принципа тринитарности являются следующие факторы:

1. В микромире имеют место три вида физических взаимодействий: электромагнитное, слабое (объединяемые ныне в электрослабое взаимодействие) и сильное.

2. В электрослабых взаимодействиях рассматриваются три поколения элементарных частиц: три пары лептонов (электрон и электронное нейтрино, мюон и мюонное нейтрино, тау-лептон и тау-лептонное нейтрино), которым соответствуют три поколения кварков.

3. В современной хромодинамике (в теории сильных взаимодействий) кварки обладают тремя возможными (цветовыми) зарядами.

4. Согласно современным представлениям, барионы (частицы, участвующие в сильных взаимодействиях) состоят из трех кварков.

5. Классическое пространство имеет три измерения. Еще Эрнстом Махом ставился вопрос: «Почему пространство трехмерно?»

6. В одномерном времени всегда приходится выделять три части: прошлое, настоящее и будущее.

3. Метафизический принцип фундаментальной симметрии, в различных формах отражающий эквивалентность элементов теории, их свойств и их подмножеств.

Примеры проявлений данного принципа:

1) В современной физике важные законы сохранения обусловлены наличием симметрий пространства-времени. Так, закон сохранения энергии обусловлен симметрией во времени, законы сохранения импульсов связаны с симметриями (однородностями) в пространстве, а законы сохранения момента количества движения связаны с симметриями относительно поворотов (с изотропией).

2) Важным достижением физики XX века является открытие и использование калибровочной методики описания физических взаимодействий. Суть этой методики состоит в том, что потенциалы полей переносчиков взаимо-

действий вводятся для сохранения симметрий при операциях дифференцирования волновых функций фермионных полей, зависящих от параметров внутренних симметрий, которые связаны с классическими координатами.

3) Другим важным достижением в рамках теоретико-полевой парадигмы считается введение суперсимметрии, которая позволяет единообразно применять калибровочный подход для описания различных видов как фермионных, так и бозонных полей.

О важности симметрий в физике убедительно писал В. Гейзенберг в своей работе «Развитие понятий в физике XX столетия»: «Существующие экспериментальные доказательства довольно основательно свидетельствуют в пользу идеи, что можно говорить о фундаментальных симметриях. Закон природы, лежащий в основе спектра частиц, их взаимодействий, строения и истории космоса, определяется, вероятно, некоторыми фундаментальными симметриями, например, инвариантностью при преобразованиях Лоренца, вращениях в изопространстве, изменениях масштаба и т.д. Поэтому можно сказать, что современное развитие физики повернулось от философии Демокрита к философии Платона. В самом деле, именно в соответствии с убеждениями Платона, если мы будем разделять материю все дальше и дальше, мы в конечном счете придем не к мельчайшим частицам, а к математическим объектам, определяемым с помощью их симметрии, платоновским телам и лежащим в их основе треугольникам. Частицы же в современной физике представляют собой математические абстракции фундаментальных симметрий» [6. С. 88].

Отметим, что в ряде наших предыдущих работ к числу ключевых метафизических принципов относился *принцип процессуальности*, трактуемый как заложенность в основание физики процессов, то есть эволюции физического мироздания. В настоящее время нам представляется, что этот принцип правильнее трактовать не как самостоятельный принцип, а как интерпретацию принципа тринитарности, где третье следует понимать как определяющее переход между двумя другими составляющими, соответствующими принципу дуализма.

В наших работах (см., например, [7]), назывались и некоторые другие метафизические принципы, в частности *принцип фрактальности*, однако главный упор делался на вышеназванные принципы.

2. Физические парадигмы и соответствующие им математические аппараты

Для конкретного развития исследований в рамках той или иной физической парадигмы, прежде всего, необходимо найти математический аппарат, соответствующий идеям этой парадигмы. История показывает, что именно так обстояло дело при формировании двух ныне общепринятых парадигм – теоретико-полевой и геометрической. Конкретное их развитие началось лишь после того, как были найдены соответствующие им математические аппараты.

Так, для развития геометрической парадигмы понадобился математический аппарат дифференциальной геометрии, уже развитый к тому времени математиками, начиная с работ Н.И. Лобачевского и К. Гаусса и далее развитого в трудах Б. Римана, В. Клиффорда и других авторов. Этот аппарат был подсказан Эйнштейну его бывшим однокурсником Марселем Гроссманом, что отражено в их совместной статье 1913 года. Этот математический аппарат соответствовал идеям, высказанным еще В. Клиффордом [8], о первичном характере в мироздании искривленного пространства(-времени) и описании через его свойства физических понятий и закономерностей.

Для построения теоретико-полевой парадигмы (квантовой теории) понадобился математический аппарат дифференциальных уравнений на фоне опять-таки априорно заданного пространства-времени. Этим аппаратом описывалась категория полей на фоне второй категории – пространства-времени. Для развития идей этой парадигмы необходимо было опереться на развитую математиками методику решения задач на собственные значения дифференциальных уравнений. Это позволило описывать через собственные значения характеристики атомов а далее таким же образом представлять свойства материальных объектов (координаты, импульсы, массы и т.д.). Строго говоря, это началось с записи уравнений Максвелла, однако для описания массивных частиц понадобилось открытие дифференциальных уравнений Шредингера, затем Клейна–Фока–Гордона и далее уравнений Дирака.

Аналогичное должно было произойти и для развития идей реляционной парадигмы, однако долгое время не было известно должного математического аппарата. Сторонники реляционного подхода, как правило, ограничивались либо высказыванием соображений качественного характера, либо пытались развить отдельные составляющие реляционного подхода в рамках математики двух других парадигм. В частности, так обстояло дело с развитием идей дальнего действия (и даже принципа Маха) в виде теории прямого межчастичного взаимодействия на фоне априорно заданного пространства-времени.

Для реального развития идей реляционной парадигмы главную проблему представляло отсутствие у физиков математического аппарата, не опирающегося на априорно заданные свойства классического пространства-времени. Для многих даже сам отказ от готового пространства-времени выглядел чем-то мифическим и даже лженаучным.

Основы необходимого математического аппарата были заложены в последней трети XX века в виде математического аппарата теории физических структур, развитой в работах отечественного физика Ю.И. Кулакова и его школы [9–10].

3. Истоки теории физических структур

Ю.И. Кулаков еще со студенческих лет был озадачен проблемой: «Что же представляет собой физика в целом?».

Но как выйти на решение подобной глобальной проблемы? Помочь в этом может вполне обоснованное историей физики утверждение, что никакая физическая теория не возникает на пустом месте. У нее всегда есть предшественники, высказывавшие эти идеи подчас еще в сыром виде, есть и мудрые учителя, помогающие их освоить и тем самым подготовить рождение новых теорий и открытий. Так было и с автором теории физических структур Юрием Ивановичем Кулаковым (1927–2019), учеником Нобелевского лауреата академика И.Е. Тамма (1895–1971) во время обучения в аспирантуре физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Известно, что Тамм был сторонником идей реляционного подхода и вообще идей, соответствующих метафизической тематике. Как впоследствии вспоминал Кулаков, Тамм ему говорил: «Если Вы хотите стать настоящим физиком, а не высококвалифицированным ремесленником, Вы не должны исключать возможности существования иных форм реальности, отличных от формы существования материальной действительности. Вы должны читать и внимательно изучать авторов, не входящих в список обязательной литературы, предлагаемой официальной философией, и, прежде всего, русских философов – Бердяева, Лосского, Владимира Соловьева, Франка. Они о многом догадывались, хотя не могли сформулировать свою идею всеединства на строгом математическом языке. Попробуйте, может быть, Вам удастся это сделать» [10. С. 36].

И ему удалось это сделать. Кулаков довольно быстро понял, что для решения поставленной проблемы необходимо найти подходящий математический аппарат. В нашей совместной книге [11] он писал: «По отношению к физике можно задать тот же вопрос, который задают Н. Бурбаки по отношению к математике: „Является ли это обширное разрастание развитием крепко сложенного организма, который с каждым днем приобретает все больше и больше согласованности и единства между своими вновь возникающими частями, или, напротив, оно является только внешним признаком тенденции к идущему все дальше и дальше распаду, обусловленному самой природой математики... Одним словом, существует в настоящее время одна математика или несколько математик?“» [11. С. 12].

И далее там же Кулаков написал: «Поиск ответа на этот вопрос составляет предмет уже не физики, а специфической области знания, которую по аналогии с математикой можно было бы назвать „метафизикой“ или более традиционно, – „основаниями физики“, что привело меня в 1968 году к созданию теории физических структур [9]».

Поясняя суть своего нового взгляда, он писал: «Начиная с Галилея и по настоящее время, как правило, физика строится и излагается *индуктивно*, то есть из огромного множества наблюдений и опытных фактов выбирается небольшое число свойств и вырабатываются основные понятия, в терминах которых формулируется физическая теория. Я предлагаю *дедуктивный* путь построения физики. Для его реализации мною была предложена некоторая чрезвычайно простая математическая схема» [11. С. 10].

Примечательно, что Кулаков вышел на формирование своей теории физических структур путем анализа сути второго закона Ньютона, исходя из которого можно трактовать наличие трех дуалистических парадигм в физике. Как Кулаков писал: «Первоначальная задача, из которой возникла теория физических структур, выглядела весьма скромно – выяснить, в какой степени второй закон механики Ньютона является экспериментально проявляемым физическим законом, а в какой – определением силы, массы и инерциальной системы отсчета.

При этом возникла необходимость дать такие определения исходным понятиям (силе, массе, инерциальной системе отсчета), которые, в отличие от туманных, расплывчатых и неконструктивных определений вроде „масса есть мера инерции, а сила – мера механического действия“ или „инерциальная система отсчета – это такая система, в которой справедливы законы Ньютона“, были бы конструктивны, логически безупречны и позволяли бы определить численные значения вводимых физических величин экспериментальным путем» [11. С. 12].

О выводах, к которым Кулаков пришел в результате своего открытия законов теории физических структур, он писал: «Именно теория физических структур позволяет обнаружить глубокое единство самых различных разделов физики. Опираясь на методы, разработанные в рамках этой теории, можно показать, что такие, внешне не похожие друг на друга разделы физики, как механика, специальная теория относительности, феноменологическая электродинамика, теория электрических цепей, равновесная термодинамика как бы вырастают из единого корня, реализуя тем самым физические структуры различных рангов» [11. С. 13].

4. Главные идеи и суть теории физических структур Кулакова

Ю.И. Кулаков, как представляется спустя полвека со времени создания теории физических структур, сделал два замечательных открытия, состоящих в построении теории структур на одном и на двух множествах элементов.

4.1. Теория структур на одном множестве элементов

Первое открытие состояло в том, что он открыл метод построения теории алгебраических отношений между элементами (одного множества) произвольной природы на основе следующих двух положений:

а) конечные подмножества элементов составляют своего рода самодостаточные сообщества (число элементов r в них названо рангом);

б) принцип фундаментальной симметрии в каком-то смысле подобен принципу всеобщей демократии: самодостаточность общества данного ранга r не зависит от конкретных элементов, его составляющих.

На математическом языке самодостаточность выражается в том, что для любых r элементов взятого множества существует закон, то есть имеется

некая обращающаяся в нуль алгебраическая функция от всех парных отношений между r элементами данного множества. Это еще не формирует содержательной теории, так как всегда можно подобрать функцию от конечного числа аргументов, обращающуюся в нуль. Содержательная теория возникает после наложения принципа фундаментальной симметрии, означающего, что эта функция обращается в нуль для любых r элементов рассматриваемого множества.

Строго говоря, эти соображения не являлись совершенно новыми. В подобном духе высказывался еще Б. Больцано (1781–1848) в начале XIX века. Так, в своей работе 1815 года «Попытка объективного обоснования учения о трех измерениях пространства» он писал: «Имеется система четырех точек, из которых ни одна не определена как сама по себе, так и по своим отношениям к остальным трем, поскольку оно должно быть охвачено чистым понятием. Однако если такая система четырех точек дана, то каждая другая точка и каждая совокупность точек (значит, всякая пространственная вещь) может быть детерминирована одними только понятиями, выражающими ее отношение к этим четырем точкам» (цит. по [12]). Та функция у Больцано, из которой может быть определено отношение между любыми двумя точками (элементами) через их отношения к избранным 3 точкам, и является той функцией, определяющей закон для r элементов в теории физических структур Кулакова, которая позволяет найти отношение между двумя произвольными двумя элементами через их отношение к $r-2$ эталонным элементам (к базису физической структуры).

Новое состояло в том, что у Кулакова ставилась задача нахождения всех возможных видов законов (функций) для r элементов, удовлетворяющих сформулированным условиям. Оказалось, что сформулированные Кулаковым положения настолько содержательны, что на их основе можно найти законы (алгебраические функции вещественных отношений) для минимальных рангов $r = 3, 4, 5$ и показать, как их искать для других рангов. Но самое удивительное состояло в том, что найденные таким образом математические конструкции (структуры, как их назвал Кулаков) соответствуют известным видам геометрий с симметриями: евклидовой, римановой (постоянной положительной кривизны), геометрии Лобачевского, симплектической геометрии и др. Более того, ранг r структуры связан с размерностью n соотношением $n = r - 2$. Так, 3-мерной евклидовой геометрии, описывающей физическое пространство, соответствует ранг $r = 5$. Другой структурой этого же ранга описывается геометрия Лобачевского. Геометрия 4-мерного пространства-времени Минковского характеризуется структурой ранга 6.

Таким образом, исходя из довольно абстрактных алгебраических положений можно прийти к геометрии, описывающей физическое пространство-время. Можно сказать, что таким образом была произведена реляционная переформулировка геометрий с симметриями. Далее было показано, что из отношений, которыми являются расстояния или интервалы между парами событий, можно построить все другие используемые в геометрии понятия, такие как линейные и двухгранные углы, площади, объемы и т.д.

Заметим, что и это, строго говоря, не являлось совершенно новым. Подобная задача ставилась еще в прошлом веке. Об этом можно найти упоминания в книге Э. Маха «Познание и заблуждение» а уже в середине XX века в таком духе была написана книга Блюментала [13] (L.M. Blumental. В работах группы Кулакова эта задача была решена в самом общем виде. Его ученики через парные отношения построили основные понятия не только евклидовой, но и других геометрий, в частности симплектической геометрии.

Казалось бы, геометрия выведена из теории отношений (физических структур). Что еще надо? Однако, с позиций нашей программы, это не являлось решением проблемы. То, что сделано Кулаковым, представляло собой лишь переформулировку известной геометрии, другой взгляд на нее. В теории физических структур с самого начала было заложено чрезвычайно сильное допущение, справедливое лишь для макромира: постулировалась вещественность парных отношений, то есть было введено понятие больше-меньше. Это соответствует использованию аксиомы Архимеда. А имеет ли место подобное допущение в микромире? Как сейчас стало ясно, нет. Кроме того, из работ Кулакова не видно, какая геометрия имеет место в микромире. Совершенно не ясно было, как обосновать ключевые свойства классического пространства-времени, такие как его размерность, сигнатура, квадратичный характер мероопределения.

4.2. Теория структур на двух множествах элементов

Второй замечательный результат Кулакова состоял в том, что им была открыта так называемая бинарная геометрия. Все изложенное выше относилось к одному множеству элементов. Действительно, общепринятые геометрии имеют дело лишь с одним множеством равноправных элементов – точек. Будем называть такие геометрии и соответствующие им структуры *унарными*. Кулаков нашел, что на основе указанных выше двух ключевых положений можно построить математическую конструкцию (*теорию бинарных физических структур*) на двух множествах элементов, когда отношения задаются между парами элементов из двух разных множеств. Как и в унарных структурах, полагается, что имеется закон (некая функция, обращающаяся в нуль) для r элементов одного множества и s элементов второго множества. Теперь ранг задается двумя целыми числами (r, s) . Принцип фундаментальной симметрии означает, что закон должен выполняться для любых r элементов из первого множества и любых s элементов из второго множества. На двух множествах элементов по прежним правилам строится содержательная теория, во многом похожая на теорию унарных физических структур. Более того, она оказалась даже проще теории на одном множестве элементов. Решая соответствующие фундаментальной симметрии функционально-дифференциальные уравнения, удалось найти сразу решения для всех возможных рангов и показать, какие ранги возможны, а для каких нет решений в вещественных числах.

Более того, было показано, что теория физических структур (теория систем отношений) на двух множествах элементов является более фундаментальной (первичной), из нее следуют виды теорий систем отношений на одном множестве элементов. А этот результат уже представляет важный шаг к выводу понятий классического пространства-времени из некоей системы более первичных понятий и закономерностей.

Ю.И. Кулаков в своем письме ко мне после нашего знакомства следующим образом охарактеризовал суть созданной им теории: «Одним из наиболее сильных утверждений теории физических структур является следующее: Фундаментальным законом мира является его бинарность, то есть любая универсальная физическая структура есть отношение между двумя „разнополюми“ физическими объектами (то есть принадлежащими к двум множествам различной природы). Отношения же между объектами одинаковой природы вторичны и потому сложны и причудливо прихотливы. Возникающая здесь ситуация подобна той, которая имеет место в электростатике: сложное взаимодействие двух диполей есть на самом деле проявление простого кулоновского взаимодействия электрических зарядов двух различных типов (положительного и отрицательного). Традиционная геометрия в этой аналогии напоминает электростатику, построенную не на понятии электрического заряда двух знаков, а на понятии „бесполого“ дипольного момента.

Короче говоря, то, что мы называем обычно просто «точкой» на самом деле есть совокупность двух сущностей противоположной природы – „белой точки“ и „черной точки“, расстояние между которыми равно нулю.

Теория физических структур позволяет указать те единственные возможные отношения (структуры) между „разнополюми“ физическими объектами, вид которых, оказывается, не зависит от их конкретной физической природы, а целиком и полностью определяется требованием универсальности структуры и ее рангом. Таким образом, заранее ничего не зная о природе „белых“ и „черных“ точек, мы можем написать конкретное выражение для закона, описывающего возможные отношения между ними».

Далее в письме были приведены формулы двух возможных законов бинарных структур ранга (5,5) и указаны способы переходов от них к структурам на одном множестве элементов.

5. Принципы метафизики в теории физических структур

Как уже отмечалось, ключевые метафизические принципы проявляются также в теоретико-полевой и в геометрической парадигмах. При построении математического аппарата реляционной парадигмы, во-первых, следовало отказаться от дополнительных представлений готового пространства-времени и, во-вторых, должным образом объединить метафизические принципы в единую неразрывно связанную систему, которая теряет смысл при исключении любого из ключевых положений этих принципов. Именно это было сделано в математическом аппарате теории физических структур.

Не вдаваясь в конкретные математические выкладки, продемонстрируем это на качественном уровне последовательно для ключевых метафизических принципов.

5.1. Принцип дуализма

1. Прежде всего следует подчеркнуть, что из двух разновидностей теории физических структур, развитых в группе Кулакова, принципу дуализма соответствует именно теория на двух множествах элементов.

Вообще Кулаков был приверженцем двойственности, ставил во главу угла её проявления. Об этом он писал: «Понятие двойственности играет огромную роль во многих науках, как точных, так и гуманитарных. Это подвигло нас рассмотреть наиболее важные стороны данного понятия достаточно подробно. Двойственность многолика и изменчива, и в этом, пожалуй, одна из трудностей в ее описании. Дуализм, диада, дихотомия, бинарная оппозиция, противоположности, полярность – вот, наверное, еще не полный перечень понятий, затрагивающих в тех или иных аспектах сущность двойственности».

Исходя из важности дуализма Кулаков считал себя продолжателем и выразителем идей Платона. Об этом он писал в своих статьях и книгах, в частности, он приводил высказывание самого Платона: «Главная и первая из наук – это наука о зарождении понятий „чет“ и „нечет“ и то значение, которое они имеют по отношению к природе вещей» [10].

Отметим, что принципу дуализма соответствует наличие двух подходов к реальности: индуктивный (от частных к общему) и дедуктивный (от общего к частному). Кулаков отлично осознавал это и в своей теории физических структур следовал дедуктивному подходу. Он писал: «Начиная с Галилея и по настоящее время, как правило, физика строится, излагается *индуктивно*, то есть из огромного множества наблюдений и опытных фактов выбирается небольшое число свойств и вырабатываются основные понятия, в терминах которых формулируется физическая теория. Я предлагаю *дедуктивный* путь построения физики. Для его реализации была предложена некоторая чрезвычайно простая математическая схема. Эта схема оказалась весьма эффективной при установлении природы фундаментальных физических законов и при введении в теорию основных физических величин и понятий, и потому я назвал ее «теорией физических структур» [11. С. 10].

5.2. Метафизический принцип тринитарности

В основу всей «Теории физических структур» Кулаков положил понятие отношения, что фактически соответствовало декларированию принципа тринитарности, хотя он явно не выделял этот термин. Тем не менее, поскольку понятие отношения содержит в себе три составляющие: два элемента и отношения между ними, уже сам реляционный подход подразумевает опору на принцип тринитарности. Кулаков писал: «...особенностью нашего Мира

является то, что весь он пронизан отношениями. Все связано со всем, все находится в тех или иных отношениях со всеми. В основании Мира, наряду с элементарными частицами лежат фундаментальные физические законы. **Но закон – это есть устойчивый тип сакральных отношений.** Итак, весь Мир существует постольку, поскольку существуют отношения. Именно сакральные отношения являются тем ключевым понятием, которое лежит в основании Теории физических структур» [10. С. 45–46].

Если придать двум множествам элементов интерпретацию состояний в начальном и в конечном состояниях, то принцип тринитарности принимает смысл принципа процессуальности. Так, перечисляя виды отношений, Кулаков также называл «отношение между двумя состояниями i и k одной и той же квантовомеханической системы, характеризующее комплексной амплитудой вероятности $\langle i|k\rangle$ ».

Отметим, что именно этот вид отношений между элементами в микромире, соответствующий S-матричной формулировке квантовой механики, делает теорию физических структур на двух множествах элементов (бинарных систем отношений) ключевой для построения *метареляционной картины мира*.

Заметим, что процессуальность также проявляется в типе изложения материала, теории или даже всей реальности.

5.3. Метафизический принцип фундаментальной симметрии

При построении своей теории физических структур Кулаков придавал принципиально важное значение принципу фундаментальной симметрии. Он писал: «Таким образом, симметрия оказывается первичным, наиболее глубоким инструментом для физического описания природы. <...> Но предлагаемая мною теория физических структур в определенном смысле идет дальше, так как в ее основании лежит новый тип симметрии, имеющий место в мире самых различных физических объектов. Эта симметрия, названная феноменологической, позволяет совершенно по-новому взглянуть на само понятие физического закона и на сам факт существования групп преобразований, играющих такую важную роль в современной теоретической физике» [11. С. 11].

Метафизический принцип симметрии, называемый Кулаковым феноменологическим, позволил записать алгебраические законы, связывающие все возможные парные отношения между произвольными r элементами в одном множестве и произвольными s элементами в другом множестве. Целые числа r и s , характеризующие для скольких элементов в двух множествах имеет место симметрия, показывают ранг бинарной системы отношений (физической структуры на двух множествах элементов). В работах Г.Г. Михайличенко [9; 14; 15], ученика Кулакова, были найдены все возможные виды законов бинарных систем отношений (БСО) рангов (r,s) . Они имеют алгебраический вид и представляются в виде равенства нулю детерминантов, составленных из парных отношений между определяемыми рангом количества элементов.

Таким образом, был найден математический аппарат, позволяющий реализовать все четыре ключевых метафизических принципов. Далее необходимо было на его основе реализовать задачу метафизики – на найденных основаниях построить единую картину физического мироздания, из которого формируется все прочее.

6. Судьба теории физических структур

Казалось бы, основы математического аппарата для реализации идей реляционной парадигмы построены, что открывает простор для их развития и на этой основе дает возможность решать актуальные задачи фундаментальной физики, а почему долгое время этого не происходило?

История физики свидетельствует, что далеко не просто новые идеи и результаты завоевывают всеобщее признание и начинают широко использоваться в конкретных исследованиях. Так обстояло дело и с признанием теории физических структур. Был довольно узкий круг коллег, кто признал важными идеи Кулакова, а большинство не заметило полученных результатов школы Кулакова–Михайличенко.

6.1. Положительные отклики

Направление деятельности в духе теории физических структур было одобрено академиком И.Е. Таммом. В отзыве на первые работы Кулакова он написал: «Теория физических структур безупречна в эстетическом отношении – это не внешний лоск, а тонкое свидетельство глубины и истинности построений. Эстетические критерии для оценки теории в данном случае естественны и неизбежны, ибо антиутилитарный и антипрагматический подход Ю.И. Кулакова принципиально ориентирован на постижение мировой гармонии, упорядоченности бытия. В наш век дробно-практицизированного знания мы отвыкли от такой ориентации, корни которой уходят в пифагорейское мировоззрение, к идеалам универсального и математизированного знания. 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 естественнонаучном отношении».

Но так случилось, что ни статья Кулакова, ни рецензия Тамма в журнале «Природа» тогда опубликованы не были. Рецензия была впоследствии включена в нашу совместную с Ю.И. Кулаковым и А.В. Карнауховым книгу «Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику» [11]. Идеи Кулакова, положенные в основу ТФС, были также одобрены академиками О.А. Ладыженской и Ю.Г. Решетником, профессорами Ю.Б. Румером, А.И. Фетом и несколькими другими физиками и математиками.

Так, академик О.А. Ладыженская в своем отзыве на выступление Кулакова осенью 1980 года на семинаре Ленинградского отделения Института математики АН СССР им. В.А. Стеклова написала: «Выступление Ю.И. Кулакова, его подход к анализу основных физических законов, а также полученные строго математические результаты геометрического характера произвели сильное впечатление своей оригинальностью и широтой охвата в духе лучших образцов натурфилософии прошлых веков, когда формировались основы существующих ныне разделов физики. Он не ограничился высказываниями общего характера о необходимости аксиоматизации физики (эта проблема поднималась Давидом Гильбертом и рядом выдающихся физиков прошлого века), а изложил программу исследований, положив в её основу понятие физической структуры, которую он четко определил. Содержательность такой программы подтверждена теми результатами, которые получены им и Г.Г. Михайличенко в геометрии. Уже одни эти результаты показывают плодотворность идей Ю.И. Кулакова.

Но оригинальные и глубоко содержательные идеи и планы Ю.И. Кулакова пока недостаточно хорошо известны широким кругам физиков и математиков. Я думаю, что в связи с этим стоило бы организовать Новосибирскому университету Всесоюзную (а еще лучше Международную) конференцию по аксиоматизации оснований физики, пригласив на неё ведущих ученых, интересующихся этой кардинальной проблемой» [10. С. 587].

Важно отметить положительное отношение к идеям теории физических структур доктора физико-математических наук (математика) Револьта Ивановича Пименова, близко сотрудничавшего с А.Д. Сахаровым. Он был активным участником 4-й школы по теории физических структур (ТФС) в Пущине-на-Оке, понял, что здесь речь шла об изменении основ физического и геометрического миропонимания. Это ему импонировало, так как он всю жизнь занимался построением аксиоматики геометрии и анализом приложений геометрии к физике. На школе ТФС-88 он докладывал результаты своих исследований по полуримановой геометрии в 5-мерной теории. Это были довольно любопытные соображения, близкие нашей формулировке теории Калуцы в рамках 4+1-расщепления 5-мерной геометрии. Но в целом по миропониманию и настрою он вполне вписывался в коллектив участников школы.

Несмотря на проявленный интерес к ТФС, Р.И. Пименов не успел взять эту теорию на свое вооружение: вмешалась политика, которая и так сильно исковеркала его судьбу. Горбачевская перестройка тогда вступила в свою завершающую стадию. Пименов, как и многие другие, все больше вовлекался в активную общественную деятельность. Вскоре он был избран народным депутатом, а затем, в декабре 1990 года, его не стало...

Положительно отнесся к идеям ТФС профессор Симон Эйлевич Шноль, основатель кафедры биофизики на физическом факультете МГУ. Тогда он одновременно работал в МГУ и в Институте биофизики АН СССР в Пущине. Не являясь специалистом в нашей области, он был рад общению с физиками-теоретиками, не окостеневшими в общепринятых истинах. Он неоднократно

выступал на наших семинарах в МГУ и, как правило, принимал активное участие в наших школах по ТФС в Пушкине.

У нас был особый интерес к экспериментам Шноля, поскольку его работы соответствовали идеям Лейбница и Маха (принципу Маха), считавшими, что все в мире находится во взаимной связи.

Живой интерес к идеям ТФС проявлял также профессор Григорий Моисеевич Идлис, многим известный как автор антропного принципа. В течение долгих лет он разрабатывал свой оригинальный подход к глобальному объединению разделов физики от микромира до космоса. Его мировоззрение отличалось от взглядов Кулакова, но, тем не менее, он почувствовал некоторое созвучие целевой направленности двух направлений. Побывав на нескольких школах по ТФС, он стал с интересом следить за развитием наших программ ТФС и БГФ уже как историк физики, оказывал всяческую поддержку в публикации наших статей в сборниках трудов Института истории естествознания и техники Академии Наук СССР, а затем России.

6.2. Почему физики не обратили должного внимания на ТФС

Из изложенного выше естественно возникает вопрос: почему теория физических структур, реализующая ключевые метафизические принципы, не была воспринята физиками и почему в самой группе Кулакова не было получено фундаментальных результатов, заставивших мировую общественность обратить на нее внимание?

Отсутствие интереса у профессиональных физиков-теоретиков к теории физических структур Кулакова (к теории систем отношений) можно объяснить рядом обстоятельств.

1. Главной причиной, видимо, явилась сама необычность идей теории физических структур, не опирающейся на признание априорного характера классического пространства-времени. Несмотря на множество высказанных ранее соображений о вторичном характере пространства-времени, представления, вытекающие из теории физических структур, для многих представляются слишком непривычными.

2. Далее следует отметить, что теория физических структур представляет интерес лишь для приверженцев реляционного подхода (парадигмы) к геометрии и физике, каковых во второй половине XX века было немного. Подавляющее большинство физиков-теоретиков продолжало работать в русле теоретико-полевой и геометрической парадигм, в которых дифференциальные полевые уравнения записывались на фоне готового пространства-времени.

На ТФС могли бы обратить внимание физики, разрабатывающие теорию прямого межчастичного взаимодействия типа Фоккера–Фейнмана, однако сам Кулаков не усматривал связи своих исследований с теорией прямого межчастичного взаимодействия.

Безусловно, и теория прямого межчастичного взаимодействия, и теория физических структур относятся к одной и той же реляционной парадигме и

должны были рано или поздно слиться воедино. Однако, к сожалению, исследователи, занимающиеся данными разделами одной парадигмы не осознавали этой связи. В теории Кулакова фактически не было физических взаимодействий, а в работах Фейнмана, Хойла, Дэвиса и других не затрагивался вопрос о реляционной природе пространства-времени. Напомним, что в основополагающих работах Фейнмана по переформулировке квантовой механики в терминах концепции дальнего действия подчеркивался ее пространственно-временной аспект, то есть теория фактически имела эклектический характер: пространство-время имело субстанциальную природу, а взаимодействие носило реляционный характер.

3. Другим препятствием являлся круг задач, рассматриваемых в группе Кулакова на основе теории физических структур. Таковыми были задачи классической физики типа переинтерпретации второго закона Ньютона, законов Ома для электрических цепей, законов толстых линз и т.п., которые находятся в глубоком тылу современных физических исследований. Группа Кулакова не смогла представить веских доказательств эффективности теории физических структур для решения актуальных проблем теоретической физики.

4. Существенным недостатком теории физических структур являлось использование исключительно вещественных парных отношений. Кулаков считал, что теория должна иметь дело лишь с наблюдаемыми на опыте понятиями, а таковые в физике описываются вещественными числами. Как было показано в последующих наших работах, широкие возможности открываются перед теорией систем отношений, если ее обобщить на случай комплексных парных отношений. Однако Кулаков скептически отнесся к использованию комплексных чисел, необоснованно считая их всего лишь переходом к отношениям, описываемым двумя вещественными числами. На самом деле это является лишь представлением комплексных чисел через вещественные. Природа комплексных чисел принципиально иная.

5. У многих коллег вызывала отторжение философия неоплатонизма, на основе которой Кулаков преподносил свою теорию. Рассуждения о мире высшей реальности, отстаиваемые Ю.И. Кулаковым, препятствовали серьезному восприятию его теории. Один наш коллега шутил по поводу этих взглядов Кулакова: «Идеи Платона Кулаков освоил, а на понимание учения Аристотеля у него сил не хватило».

6. Кроме того, неприятие коллег вызывало то, что Кулаков относил все исследования физиков к «дольней физике», а свою деятельность – к «горней физике».

7. Результаты, уже полученные в рамках метареляционной парадигмы

В наших работах [1–4; 7] показано, что для успешного применения математического аппарата, вскрытого в рамках теории физических структур.

Во-первых, в физике микромира необходимо, прежде всего, перейти от вещественных отношений к комплексным, так как физика микромира строится на основе комплексных чисел.

Во-вторых, необходимо строить теорию не на произвольных рангах, а именно на теориях бинарных систем комплексных отношений (БСКО) трех минимальных рангов (2,2), (3,3) и (4,4).

В-третьих, в развиваемой теории необходимо использовать ряд математических результатов, полученных в рамках дуалистических парадигм: теоретико-полевой, геометрической и упрощенной реляционной.

Сформированная на базе метафизических принципов *метареляционная парадигма* позволяет приступить к решению ряда принципиально важных проблем фундаментальной физики. К таковым относятся, во-первых, обоснование экспериментально наблюдаемых видов элементарных частиц и их свойств, во-вторых, обоснование связанных состояний из элементарных частиц и их свойств (атомов и атомных ядер) и, наконец, теоретическое обоснование происхождения классических пространственно-временных отношений между макрообъектами, свойств размерности, сигнатуры и квадратичного мероопределения.

Важно подчеркнуть, что решение этих проблем предлагается на основе самостоятельной системы понятий и закономерностей, не использующих представления о свойствах классического пространства-времени.

В наших работах показано, что элементы теории бинарных систем комплексных отношений (БСКО) ранга (3,3) описываются комплексными 2-компонентными спинорами, что обосновывает использование спиноров в современной квантовой электродинамике. Этот результат естественно трактовать как тот факт, что в основе физики микромира лежат не понятия априорно заданного классического пространства-времени, а именно понятия теории БСКО.

Аналогичным образом показано, что элементы БСКО ранга (4,4) описываются 3-компонентными финслеровыми спинорами. В метареляционной парадигме такими элементами предлагается описывать элементарные частицы, участвующие в сильных взаимодействиях (адроны). Закон БСКО ранга (4,4) представляет собой равенство нулю 4×4 -детерминанта, составленного из всех возможных отношений между четверками элементов двух множеств.

В данном подходе адроны описываются тройками 3-компонентных спиноров, соответствующих трем кваркам в общепринятой теории, а следовательно, характеризуются комплексными 3×3 -матрицами. Это означает, что в данном подходе виды и свойства адронов естественно описывать на основе алгебраической классификации А.З. Петрова комплексных 3×3 -матриц, разработанной для алгебраической классификации пространств Эйнштейна (в геометрической парадигме). На 3×3 -матрицы, описывающие адроны, наложен ряд естественных условий. Предложено описывать адроны первым типом матриц по классификации Петрова. При этом показано, что барионы описываются матрицами подтипа I первого типа, а мезоны описываются матрицами подтипов D и O также первого типа. Из наложенных условий на

матрицы и на коэффициенты кубического характеристического уравнения естественным образом следуют классификации видов барионов и мезонов [4].

На основе значений корней характеристического уравнения предложены теоретические формулы для масс барионов и мезонов. Продемонстрировано достаточно приемлемое соответствие теоретических и экспериментальных наблюдаемых значений масс.

Произведенный анализ показал, что при описании элементарных частиц и вообще физики микромира ключевую роль играют закономерности, описываемые именно БСКО ранга (4,4). Показано, что закономерности БСКО рангов (3,3) и (2,2) должны рассматриваться как своеобразные упрощения теории БСКО ранга (4,4). На этой основе предлагается трактовать наличие лептонов трех поколений – как проявления трех вариантов перехода от БСКО ранга (4,4) к БСКО ранга (3,3).

На базе математического аппарата БСКО трех минимальных рангов предложено обоснование связанных состояний из элементарных частиц (атомов и атомных ядер). Как известно, теория атомов занимает важное место в современных учебниках по квантовой механике. Эта теория обычно излагается на основе решений дифференциальных уравнений (Шредингера, Клейна–Гордона или Дирака) на фоне априорно заданного пространства-времени. В метареляционной парадигме это делается на основе алгебры.

Другой чрезвычайно важной проблемой современной фундаментальной физики является обоснование видов атомных ядер из барионов, связанных сильными взаимодействиями, что соответствует обоснованию структуры периодической таблицы химических элементов Менделеева.

Как известно, таблица Менделеева была создана полторы сотни лет тому назад на основе массовых и валентных свойств химических элементов. С тех пор, начиная с размышлений самого Менделеева, предпринимаются попытки ее обоснования. Ряд авторов уже справедливо отмечали, что это возможно сделать лишь на основе закономерностей ядерной физики, а не квантовой теории, как это пытались делать некоторые авторы. В наших работах показано, что таблица Менделеева строится на базе тех же закономерностей, на которых осуществляется классификация адронов. При этом показано, что таблица Менделеева имеет не одну структуру, которая отображена в ее общепринятом виде, а три структуры: зарядово-нуклонную (общепринятую), структуру дополнительных нейтронов и энергетическую [4].

В развитии данного подхода особое внимание уделяется проблеме происхождения и теоретического обоснования свойств классических пространственно-временных отношений между макрообъектами (между достаточно сложными образованиями из элементарных частиц). В рамках метареляционной парадигмы показано, что одномерность классического времени фактически обусловлена закономерностями, описываемыми БСКО ранга (2,2), а 4-мерность классического пространства-времени (геометрии Минковского) и квадратичный характер мероопределения обусловлены закономерностями, описываемыми БСКО ранга (3,3). Показан вывод законов унарных систем отношений, соответствующих реляционному представлению геометрий

Евклида, Лобачевского, Римана (пространства постоянной положительной кривизны) и Минковского. Как уже было отмечено, первые три из названных геометрий описываются унарными системами вещественных отношений (УСВО) ранга (5), а геометрия Минковского описывается УСВО ранга (6).

Показано также, что электромагнитные и гравитационные взаимодействия, проявляющиеся в классическом мире, фактически обусловлены закономерностями БСКО ранга (4,4). Это основано на том, что из 3-компонентных финслеровых спиноров, которыми описываются элементы БСКО ранга (4,4), строятся вещественные компоненты 9-мерных векторов. Это означает, что в рамках БСКО ранга (4,4) фактически обосновывается многомерная геометрия, в рамках которой в геометрической парадигме производилась геометризация электромагнитного и других физических взаимодействий.

В наших работах также обсуждается взгляд с позиций метареляционной парадигмы на проблемы современной астрофизики и космологии.

Заключение

В наших работах постоянно подчеркивается, что в настоящее время мало признания важности метафизики, – необходимо сформулировать ключевые метафизические принципы и их использовать в исследованиях оснований мироздания. В наших работах выделены эти принципы и показано, что именно на этих принципах строился математический аппарат теории физических структур Кулакова и Михайличенко. Усовершенствование этого аппарата на случай комплексных отношений позволяет приступить к решению принципиально важных проблем физики микромира, а затем и иных проблем мироздания.

В связи с этим уместно напомнить, что Р. Декарт в своей книге «Начала философии» для пояснения смысла учености использовал образ дерева, сравнив его корни с познаниями в области метафизики, ствол – с познаниями в области физики, а ветви – со знаниями во всех прочих науках.

Опыт изложения оснований физики на базе метафизических принципов, особенно заявление об отказе от априорно заданного классического пространства-времени, свидетельствует о непривычности этих идей для большинства физиков. Ведь в современной научной литературе приводится множество восторженных мнений о перспективах теорий суперсимметрии и суперструн, которые, конечно, строятся на базе классического пространства-времени.

Однако в последнее время все громче стали высказываться сомнения относительно дальнейших успехов развития физики в рамках общепринятых идей теоретико-полевой парадигмы. Так, Р. Пенроуз по поводу восторженных высказываний своих коллег о суперструнах заявил: «Для ее бескомпромиссных приверженцев теория струн (с более поздними уточнениями) – это подлинная физика XXI в., она представляет собой революцию в физическом мышлении, сравнимую (если не превосходящую их) с теми, которые совершили в свое время общая теория относительности и квантовая механика. Для

её крайних противников она до сих пор не достигла, в физическом отношении, абсолютно ничего, и она имеет мало шансов сыграть сколь-нибудь существенную роль в физике будущего» [16. С. 738]. В другом месте своей книги он написал: «Не все мои высказывания (негативные по этому поводу. – Ю.В.) будут благосклонно приняты вышеупомянутыми „оптимистами“, однако я ожидаю в ближайшем будущем еще более радикальных перемен в „направлении движения“, нежели те, что произошли в прошедшем столетии» [16. С. 15].

Литература

1. *Владимиров Ю. С.* Метафизика и фундаментальная физика. Кн. 1: От древности до XX века. М.: ЛЕНАНД, 2017.
2. *Владимиров Ю. С.* Реляционная картина мира. Кн. 1: Реляционная концепция геометрии и классической физики. М.: ЛЕНАНД, 2020.
3. *Владимиров Ю. С.* Реляционная картина мира. Кн. 2: От бинарной предгеометрии микромира к геометрии и физике макромира. М.: ЛЕНАНД, 2021.
4. *Владимиров Ю. С.* Реляционная картина мира. Кн. 3: От состояний элементарных частиц к структурам таблицы Менделеева. М.: ЛЕНАНД, 2023.
5. *Мах Э.* Механика: историко-критический очерк ее развития. Ижевск: Ижевская республиканская типография, 2000. М.: ЛЕНАНД, 2020.
6. *Гейзенберг В.* Развитие понятий в физике XX столетия // Вопросы философии. 1975. № 1. С. 79–88.
7. *Владимиров Ю. С.* Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 1-е изд., 2002; 2-е изд., 2011.
8. *Клиффорд В.* О пространственной теории материи // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 36–37.
9. *Кулаков Ю. И.* (С дополнением *Г. Г. Михайличенко*). Элементы теории физических структур. Новосибирск: Изд-во Новосибирского гос. университета, 1968.
10. *Кулаков Ю. И.* Теория физических структур. М.: Доминико, 2004.
11. *Кулаков Ю. И., Владимиров Ю. С., Карнаухов А. В.* Введение в теорию физических структур и бинарную геометрофизику. М.: Архимед, 1991.
12. *Горелик Г. Е.* Эрнст Мах и проблема размерности пространства // Исследования по истории физики и механики. 1993–1994. М.: Наука, 1997. С. 79–86.
13. *Blumenthal L. M.* Theory and application of distance geometry. Oxford, 1953.
14. *Михайличенко Г. Г.* Математический аппарат теории физических структур. Горно-Алтайск: Изд-во Горно-Алтайского университета, 1997.
15. *Михайличенко Г. Г.* Математические основы и результаты теории физических структур. Горно-Алтайск: РИО Горно-Алтайского госуниверситета, 2012.
16. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007.

PRINCIPLES OF METAPHYSICS IN THE THEORY OF PHYSICAL STRUCTURES AND IN THE META-RELATIONAL PARADIGM

Yu.S. Vladimirov

*Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University
2 build., 1 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation
Institute of Gravity and Cosmology RUDN University
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

Abstract. In the work indicated are, firstly, three main reasons for revision of prevailing ideas about physical reality: inadequacy of the classical space-time in microworld physics, unsuccessful attempts to combine the principles of quantum theory and general relativity and, above all, the presence of the third physical paradigm – relational one. Secondly, shown are the constituents of the latter requiring the use of key metaphysical principles, and thirdly, they have been formulated. Fourthly, the mathematical formalism reflecting the unity of three metaphysical principles has now been proposed. Its foundations were laid in the theories of physical structures by Yu.I. Kulakov et al. Finally, fifthly, shown are basic results of applying the theory of binary systems of complex relations to solve the problems of microworld physics.

Keywords: foundations of physics, three physical paradigms, metaphysical principles, relational and metarelatational paradigms, theory of binary systems of complex relations, elementary particles, atomic theory