

## ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ В РОССИИ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ «ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ»

Ю.С. Владимиров

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

Статья посвящена обоснованию необходимости создания научной школы по основам фундаментальной физики и математики. Во-первых, в ней показано развитие идей и гипотез, касающихся оснований фундаментальной физики, на протяжении более века в рамках трех преемственно связанных научных школ: П. Эренфеста, Я.И. Френкеля и Д.Д. Иваненко. Во-вторых, в статье продемонстрировано, что к настоящему времени уже накоплено достаточное количество научных результатов, математических методов и идей, необходимых для существенного пересмотра сложившихся представлений о физической реальности.

**Ключевые слова:** Три физические парадигмы (теоретико-полевая, геометрическая и реляционная), принципы мега-обусловленности (принцип Маха) и микро-обусловленности классического мира.

### 1. Введение

К настоящему времени накоплен обширный материал о свойствах физического мироздания, создан и освоен достаточно мощный арсенал математических методов его исследования, а также сформировалось настойчивое желание выйти на создание новой глобальной теории, объединяющей весь комплекс физических представлений или, как это именуют некоторые авторы, на построение «теории всего». Все это свидетельствует о том, что в настоящий момент мы стоим на пороге очередного существенного изменения представлений о физической реальности, видимо, сравнимого с происшедшим в первой трети XX века. А самое важное заключается в том, что за прошедшее время рядом выдающихся физиков и математиков было высказано достаточное число плодотворных идей об основаниях фундаментальной физики, позволяющих непосредственно приступить к решению поставленной проблемы.

От прогресса физики в данном направлении ожидается решение ряда важных проблем современной физики, в частности объединение всех видов физических взаимодействий, совмещение принципов квантовой теории и общей теории относительности, устранение расхождений, получение более глубоких представлений о природе пространства-времени и многое другое.

Исследования оснований фундаментальной физики и математики включают в себя анализ, поиск теоретического обоснования и возможных изменений (особенно уже назревших) принципов и представлений об устройстве физического мироздания. Можно привести много высказываний по данной проблеме как российских, так и западных известных мыслителей прошлого (см., например [1]). Однако в данной статье обратим внимание на истоки формирования отечественной научной школы по основаниям фундаментальной физики и математики. Интерес в России к этим проблемам проявлялся издавна. Можно привести ряд высказываний на эту тему М.В. Ломоносова (1711–1765), Н.И. Лобачевского (1792–1856) и других мыслителей. Однако развитие этого направления исследований в нашей стране именно в современном понимании фундаментальной теоретической физики естественно датировать с организации Паулем Эренфестом в Петербурге (еще до Первой мировой войны) семинара по теоретической физике, на котором обсуждались формировавшиеся тогда новые представления о физической реальности: развитие принципов теории относительности, подходы к квантовой механике, а также еще более глобальные проблемы, например, такие как теоретическое обоснование размерности пространства-времени, вопросы о природе классического пространства-времени и некоторые другие.

В данной статье предпринят анализ современных оснований фундаментальной теоретической физики, из которого следует, что в настоящее время идет развитие физики в рамках трех основных дуалистических парадигм [2]: теоретико-полевой, геометрической и реляционной. Остро встал вопрос о том, как они соотносятся друг с другом и какая из них является наиболее перспективной. В статье приводятся доводы в пользу обращения особого внимания на развитие исследований в рамках реляционной парадигмы, оказавшейся в XX веке на обочине магистральных направлений развития физики.

### ***1.1. Более чем вековая традиция исследований оснований современной фундаментальной физики***

Известно, что П.С. Эренфест (1880–1933), учась в Венском университете, слушал лекции Людвиг Больцмана, Эрнста Маха, Феликса Клейна, Давида Гильберта и других известных физиков и математиков. Большое влияние на Эренфеста оказало общение с Г. Лоренцем, а затем тесные дружеские общения с А. Эйнштейном, Н. Бором, М. Борном и другими творцами физики XX века. Ю.Б. Румер в своих воспоминаниях о его роли в развитии фундаментальной физики в России писал: «Эренфест в те годы бурно развивающейся физики играл примерно ту же роль, какую в русской литературе играл Белинский. Он был величайшим критиком физической теории. Если Эренфест чем-либо заинтересовался и ставил свой штамп, то это читалось. Если Эренфест не интересовался, то говорилось: “Ну, Эренфест сказал, что это не стоит читать”. И это было железно. И вот Эренфест, который

одинаково живо воспринимал и новую рождающуюся квантовую физику и заканчивающуюся, умирающую классическую физику, мог совершенно свободно говорить и с Бором, и с Борном, и со Шредингером, и с Дираком, и с Эйнштейном на их собственном языке. Но зато он сам мало сделал, имея такой талант. Он творчески не был одарен, но критической мыслью был одарен необычайно» [3]. Постоянными участниками его семинара были А.Ф. Иоффе, Д.С. Рождественский, В.Ф. Миткевич, Ю.А. Крутков, В.Р. Бурсиан, А.А. Фридман, С.Н. Бернштейн и многие другие российские физики и математики.

О развитии фундаментальной теоретической физики в России после революции писалось в нашей книге [4]. Особо следует выделить деятельность семинара Я.И. Френкеля (1894–1952) в 1920–1930-х годах, перенявшего традиции семинара Эренфеста. Он сыграл чрезвычайно важную роль в развитии отечественной фундаментальной теоретической физики. Известно, что он одним из первых, с весны 1922 года, начал читать курс лекций по общей теории относительности в Политехническом институте Петрограда. В своих трудах он развивал идеи теории относительности, а также тогда еще только формировавшейся квантовой механики.

Важное место в деятельности Френкеля занимала критика укоренившихся догм в физике. Так, в своей статье «Мистика мирового эфира» он писал: «Мистицизм, то есть вера в сверхъестественное, наименее уместен, казалось бы, в естественных науках. В действительности, однако, не только биология, но и физика не вполне свободны от мистических элементов. В области физических наук очагом, или средоточием, мистицизма является, по нашему мнению, понятие мирового эфира. Это понятие до сих пор многими учеными рассматривается как основание физического строения мира. В этом смысле роль эфира вполне сравнима с ролью божества в религиозном понимании Вселенной. Можно без преувеличения сказать, что для физиков и натурфилософов старой школы эфир является тем же, чем божество для верующих» [5]. Отметим, что эти слова Френкеля не потеряли своей актуальности и в наши дни, когда понятие эфира старой школы натурфилософов заняло понятие вакуума, когда многие свойства физики микромира связываются с флуктуациями вакуума.

Особо отметим выступления Френкеля против общепринятой ныне концепции близкодействия. В известных диспутах 1930-года, организованных А.Ф. Иоффе для выяснения, какая концепция – близкодействия или дальнодействия – является истинной, Френкель заявлял: «Позвольте прежде всего доказать вам, что физическим абсурдом является именно представление о близкодействии, а физической реальностью, физически обоснованным является представление о дальнодействии. Как вам ни трудно представить себе это дальнодействие, да еще запаздывающее, все же нам необходимо сделать соответствующее усилие для того, чтобы освободиться от тех привычек, которые сложились у нас в эпоху, когда наши познания были недо-

статочны» [6]. Известно, сколько нареканий на эти его взгляды Френкелю пришлось пережить.

Далее следует отметить роль профессора Д.Д. Иваненко (1904–1994), а также его знаменитого семинара теоретической физики, работавшего на протяжении полувека на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова (см. [7]). В прощальном выступлении на своем 90-летнем юбилее Иваненко упомянул, что его семинар был создан в 1944 году по предложению Френкеля [8]. Первым секретарем этого семинара был А.А. Самарский, будущий академик. Его первая курсовая работа, выполненная под руководством Иваненко, называлась «Почему пространство трехмерно?».

Иваненко уже во второй половине XX века неуклонно призывал к созданию новой физической картины мира. Он неоднократно заявлял: «Таким образом, мы стоим нынче перед задачей построения единой теории, учитывающей с самого начала как атомно-квантовые, так и гравитационные и космологические обстоятельства; речь идет о своего рода четвертой программе единой картины мира» [9]. Отметим, что к первой программе Иваненко относил «Классическую механическую картину мира (XVII–XIX вв.)». Ко второй программе он относил «Электромагнитную релятивистскую картину мира конца XIX – начала XX в.». Третьей программой Иваненко считал «Геометрическую единую теорию (20-е годы XX в.)».

Важно отметить, что Д.Д. Иваненко не ограничивался принципами уже сложившихся представлений доминирующей тогда (и ныне) теоретико-полевой парадигмы или входившей тогда у нас в моду (с его самым активным участием) геометрической парадигмы. На его семинарах обсуждались и реляционные взгляды. В частности, с этими взглядами у него на семинаре выступали Ф. Хойл (Англия), Дж. Уилер и ряд отечественных физиков, что вряд ли могло произойти на семинарах Ландау. Иваненко часто говорил о пределах применимости общепринятых теорий, в том числе и общей теории относительности.

С подобными утверждениями выступал и академик В.А. Фок (1898–1974), который был одним из учителей Иваненко.

Фактическими преемниками семинара Д.Д. Иваненко явились семинары «Геометрия и физика» и «Метафизика», организованные автором этой статьи и профессором Н.В. Мицкевичем, учениками Д.Д. Иваненко. Семинар регулярно работает на физическом факультете МГУ с 1972 года. На этом семинаре продолжают научные традиции, заложенные Д.Д. Иваненко. В частности, в 1988 году проводилось совместное заседание с семинаром Иваненко, посвященное 150-летию со дня рождения Э. Маха. Коллектив семинара принял самое активное участие в организации (в 1988 г.) и работе Российского гравитационного общества, действующего по настоящее время.

На семинаре главное внимание уделяется вопросам оснований фундаментальной физики, причем это делается в рамках всех трех метафизических парадигм: теоретико-полевой, геометрической и реляционной. Проводится мысль, что для получения наиболее полной информации о физической ре-



альности необходимо использовать идеи всех трех парадигм. В рамках геометрической парадигмы участники семинара уделяли значительное внимание разработке методов задания систем отсчета в теории гравитации, развитию многомерных геометрических моделей физических взаимодействий, анализу проблемы квантования гравитации и ряду других проблем. Особое внимание уделялось обсуждению принципов реляционной парадигмы, в том числе развитию теории систем отношений и их применению в физике микромира. В частности, совместно с научной группой профессора Ю.И. Кулакова было проведено 10 школ-семинаров по теории физических структур (см. [10]).

В последнее время в рамках семинара «Метафизика» уделяется значительное внимание философскому осмыслению состояния современной фундаментальной физики и математики (см. [2; 11]). На основе материала фундаментальной физики предлагаются формулировки метафизических принципов и обсуждаются их проявления в различных разделах науки. Участники семинара полагают, что термин «метафизика» не только относится к философии, но и служит также для обозначения оснований фундаментальной физики, поскольку издавна сложилось понимание метафизики как дисциплины, изучающей то, что лежит «под», «за» или «над» физикой.

### ***1.2. Три ключевые составляющие физических теорий***

Значительное внимание в деятельности названных групп уделялось критике сложившихся к началу XX века представлений о физической реальности, которые опирались на три ключевые физические категории: **1) пространство-время, 2) частицы (тела) и 3) поля переносчиков взаимодействий.** В XX веке, осознанно или не очень, физика развивалась по пути сокращения числа базисных физических категорий (вспомогательных средств). В идеале было стремление перейти к некоей единой физической категории, объединяющей в себе три классические категории. Этой цели в XX веке достичь так и не удалось, но в результате настойчивых попыток ее решения были развиты физические теории, соответствующие трем промежуточным парадигмам, опирающимся не на три, а на некие две обобщенные физические категории. Теории такого рода будем называть дуалистическими. Имея три варианта объединения двух категорий из трех, получаем три типа физических теорий (дуалистических парадигм) или три миропонимания одной и той же физической реальности под разными углами зрения: 1) теоретико-полевое, 2) геометрическое и 3) реляционное. Далекое не всеми физиками осознается этот факт. Часто в рассуждениях допускаются недостаточно обоснованные смешения понятий и принципов различных парадигм.

В XX веке реляционная парадигма оказалась на обочине магистрального развития теоретической физики, опиравшейся на теоретико-полевую (идеи квантовой теории) и геометрическую парадигмы. Однако следует от-

метить, что в XX веке как минимум два раза идеи реляционной парадигмы сыграли важную роль. Во-первых, следует напомнить, что реляционные идеи Маха способствовали созданию Эйнштейном общей теории относительности и, во-вторых, составная часть реляционного подхода – концепция дальнего действия способствовала получению Фейнманом важных результатов в области квантовой механики.

Названные три ветви развития фундаментальной теоретической физики отчетливо выявились на рубеже XX и XXI веков.

Для дальнейшего развития фундаментальной теоретической физики важно иметь в виду три ключевые составляющие физических теорий во всех трех парадигмах, каковыми являются: **1) понимания природы пространства-времени, 2) концепция описания физических взаимодействий, 3) рассмотрение пределов применимости используемых категорий.** Анализ показывает, что на пределах применимости привычно используемых понятий вскрываются новые обстоятельства, в том числе и факторы, обуславливающие как свойства, так и само происхождение соответствующих категорий. В каждой из этих составляющих представлены пары противоположностей.

1. При рассмотрении категории пространства-времени (и ее обобщений) следует иметь в виду **два понимания природы пространства-времени: субстанциальное и реляционное.** Согласно субстанциальной трактовке, пространство-время представляет собой самостоятельную сущность, относительно которой имеет смысл ставить вопросы о ее свойствах как материальной среды (о ее плотности, упругости и т. д.). Этот взгляд на пространство восходит к идеям Демокрита, Ньютона и других мыслителей далекого прошлого. Он в значительной степени фактически разделяется многими современными физиками, рассуждающими о вакууме и его свойствах. Субстанциальный подход присущ как теоретико-полевой, так и геометрической парадигмам.

Другая, реляционная трактовка природы пространства-времени отрицает самостоятельную (априорную) сущность пространства-времени и сводится к его пониманию как абстракции от совокупности отношений между материальными объектами (событиями). Этот подход развивался в работах Г. Лейбница, Р.И. Бошковича, Э. Маха и ряда других авторов. Он соответствует принципам реляционной парадигмы.

Отметим, что субстанциальный подход к природе пространства (пространства-времени) существует в двух видах: либо в виде эфира (или вакуума), как неотъемлемой сущности, заполняющей пространство, либо самого пространства, непосредственно выполняющего роль эфира.

2. Аналогично тому как имеются два понимания природы пространства-времени – субстанциальное и реляционное, так **и в описании физических взаимодействий имеются две концепции: близкодействия и дальнего действия.** Концепция близкодействия используется в теоретико-полевой и в

геометрической парадигмах, тогда как концепция дальнего действия соответствует реляционному подходу.

Если отвлечься от античности и средневековой физики, то обсуждение дискуссий о выборе концепции ближнего действия или дальнего действия следует начинать с работ И. Ньютона и Г. Лейбница. На протяжении дальнейшей истории предпочтение отдавалось то одной из них, то другой. В настоящее время доминирующей является концепция ближнего действия.

Имеются принципиальные различия теорий трех парадигм как в принципах описания физических взаимодействий, так и в понимании соотношения в них электромагнитного и гравитационного взаимодействий.

1) **В теоретико-полевой парадигме** поля переносчиков имеют самостоятельный характер, являясь разновидностями обобщенной категории поля амплитуды вероятностей. В этой парадигме электромагнитные и гравитационные взаимодействия выступают «на равной ноге», отличаясь лишь тензорным рангом потенциалов.

2) **В геометрической парадигме** поля переносчиков взаимодействий выступают как характеристики обобщенного (искривленного, закрученного, многомерного и т. д.) пространства-времени. В этой парадигме электромагнитные взаимодействия выступают в роли своеобразного обобщения гравитационных взаимодействий (через дополнительные компоненты метрического тензора или обобщений римановой геометрии).

3) **В реляционной парадигме** поля переносчиков взаимодействий имеют вторичный (вспомогательный) характер, заменяются характеристиками категории частиц. В этой парадигме гравитационные взаимодействия теряют первичный характер и возникают как своеобразное следствие электромагнитных взаимодействий.

3. Говоря о пределах применимости введенных категорий, следует обсуждать *две крайности: а) пределы их применимости в малом (в микромире) и б) пределы применимости в большом (в мегамире)*. При этом встает принципиально важный вопрос о замене привычных категорий на какие-то другие.

Особый интерес представляет проблема совмещения вскрытых обстоятельств (идей) на пределах применимости используемых категорий.

## 2. Пределы применимости классических представлений в микромире

Начнем с рассмотрения вопросов применимости используемых категорий и закономерностей в физике микромира.

### 2.1. Идеи о неприменимости общепринятых представлений в физике микромира

Идея о неприменимости классических пространственно-временных (и иных) понятий в физике микромира высказывалась в рамках всех трех парадигм.

1. Современная квантовая механика и вообще физика микромира **в теоретико-полевой парадигме** строятся на фоне классического пространства-времени. Однако о том, насколько это обоснованно, задумывались уже создатели квантовой механики. Так, Луи де Бройль писал: «Понятия пространства и времени взяты из нашего повседневного опыта и справедливы лишь для явлений большого масштаба. Нужно было бы заменить их другими понятиями, играющими фундаментальную роль в микропроцессах, которые бы асимптотически переходили при переходе от элементарных процессов к наблюдаемым явлениям обычного масштаба в привычные понятия пространства и времени. Стоит ли говорить, что это очень трудная задача? Было бы удивительно, если бы оказалось возможным когда-нибудь исключить из физической теории понятия, представляющие самую основу нашей повседневной жизни. Правда, история науки показывает удивительную плодотворность человеческой мысли и не стоит терять надежды. Однако пока мы не добились успеха в распространении наших представлений в указанном направлении, мы должны с большими или меньшими трудностями втиснуть микроскопические явления в рамки понятий пространства и времени, хотя нас все время будет беспокоить чувство, что мы пытаемся втиснуть алмаз в оправу, которая ему не подходит» [12].

Позднее аналогичные сомнения высказывал Д.И. Блохинцев в своей книге «Пространство и время в микромире»: «Возникает сомнение в логической законности употребления символов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$  в качестве пространственно-временных координат, пригодных для описания явлений внутри элементарных частиц» [13. С. 6].

Известный американский физик-теоретик Дж. Чью высказывался еще более категорично. В своей статье 1960-х годов «Сомнительная роль пространственно-временного континуума в микроскопической физике» он писал: «Концепция пространства и времени играет в современной физике микромира роль, аналогичную той, что играл эфир в макроскопической физике XIX века» [14. С. 529].

В последнее время данная идея высказывается все чаще физиками-теоретиками всего мира. Так, Б. Грин в своей книге [15] пишет: «Нахождение корректного математического аппарата для формулировки теории струн без обращения к изначальным понятиям пространства и времени является одной из наиболее важных задач, с которой сталкиваются теоретики» [15. С. 244].

При обсуждении этих идей остро встает вопрос: на каком масштабе следует говорить о нарушении классических представлений. В работах ряда авторов называется планковская длина  $10^{-33}$  см. Другие называют размеры атомных ядер или слабых взаимодействий  $10^{-17}$ – $10^{-13}$  см. Однако нам представляется, что об этом следует говорить уже в масштабах атомов ( $10^{-7}$  см), что фактически имел в виду Л. де Бройль.

2. Аналогичный вопрос ставился сторонниками **геометрической парадигмы**. Еще Б. Риман в своем знаменитом мемуаре «О гипотезах, лежа-

ших в основании геометрии», писал: «Эмпирические понятия, на которых основывается установление пространственных метрических отношений, – понятия твердого тела и светового луча, – по-видимому, теряют всякую определенность в бесконечно малом. Поэтому вполне мыслимо, что метрические отношения пространства в бесконечно малом не отвечают геометрическим допущениям» [16. С. 32].

Уже в середине XX века известный физик-гравитационист и космолог А.Л. Зельманов утверждал, что в теории будущего придется отказаться от ряда привычных свойств классического пространства-времени: «По-видимому, первое представление, от которого придется отказаться, это представление о метричности пространства и времени в глубоком микромире и при очень высокой плотности» [17. С. 278].

3. Идея о неприменимости классического пространства-времени в микромире активно обсуждается в наших исследованиях в *рамках реляционной парадигмы*. Для этой цели была разработана бинарная система комплексных отношений, обобщающая открытые Кулаковым бинарные геометрии. Этот вопрос подробно обсуждается в ряде наших работ [18; 19].

## 2.2. Принцип микро-обусловленности макромира

Рядом физиков была выдвинута еще более фундаментальная идея – вывода из искомой системы понятий и закономерностей микромира (из предгеометрии) общепринятых понятий и свойств классического пространства-времени и других понятий макромира.

Особо подчеркнем, что современная квантовая теория и физика микромира представляют собой лишь проекции первичных закономерностей на классические понятия. Так, Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц отмечали, что «квантовая механика занимает очень своеобразное положение в ряду физических теорий – она содержит классическую механику как свой предельный случай и в то же время нуждается в этом предельном случае для самого своего обоснования» [20. С. 16]. А ведь для решения поставленной проблемы необходимо отказаться от классических представлений. Нужно сформулировать самостоятельную систему внутренних квантово-механических понятий и только затем решать проблему перехода от них к классической физике и геометрии.

О необходимости решения данной проблемы писал Л.И. Мандельштам в своих «Лекциях по основам квантовой механики»: «Всякая атомистическая теория, в том числе и квантовая, ставит себе в основном задачу объяснить наблюдаемые закономерности в макромире искомыми закономерностями в микромире. <...> Скажу только, что, по моему мнению, для такой точки зрения веские основания привести можно» [21. С. 380].

Долгое время не удавалось воплотить в жизнь эту идею. Например, М.Б. Менский в своей книге писал: «Теперь мы оказываемся перед лицом самого трудного и интригующего вопроса: как появляются классические

черты у исконно квантового мира. В известном смысле, в наше время это очень простой вопрос. С другой точки зрения – он труден и все еще не решен и даже может оказаться вообще неразрешимым» [22. С. 197].

Во второй половине XX века о необходимости решения проблемы вывода классических пространственно-временных представлений, исходя из закономерностей квантовой механики и физики микромира, высказывался ряд видных физиков-теоретиков: Е. Циммерман (США) [23], Р. Пенроуз (Англия) [24], Б. Грин (США) [15] и др., а уже в начале XXI века эта проблема приобрела особую актуальность.

Однако долгое время оставался открытым главный вопрос: как это сделать? А в связи с наличием в современной физике трех дуалистических парадигм ставится вопрос: в рамках какой из трех парадигм это можно сделать? Так, Грин, являясь сторонником суперсимметричных теорий, связывает решение этой проблемы с реляционными идеями Лейбница и Маха. Один из разделов своей книги он назвал «Что есть пространство и время на самом деле, и можем ли мы без них обойтись?» В нем говорится: «Положение объекта в пространстве и времени имеет смысл только в сравнении с другим объектом. Пространство и время есть лишь словарь при разговоре об этих отношениях, ничего более. Несмотря на то что точка зрения Ньютона, поддержанная его тремя экспериментально проверенными законами движения, господствовала в течение более двух сотен лет, концепция Лейбница, развитая австрийским физиком Эрнстом Махом, гораздо ближе к современной картине» [15. С. 242-243].

Учитывая эти и ряд других высказываний известных физиков, можно четко сформулировать стоящую перед фундаментальной физикой главную проблему, которую с полным основанием можно считать ключевой: ***вывести классические пространственно-временные представления из более глубоких закономерностей микромира вместо того, чтобы продолжать их подкладывать под все наши теоретические построения.*** Назовем эту идею **принципом микро-обусловленности макромира.**

### **3. Пределы применимости классических представлений в мегамире**

Оказалось, что для решения поставленной проблемы необходимо также учесть свойства физического мироздания на другом пределе применимости классических представлений – на больших масштабах, относимых к космологии. Данный вопрос ставился в рамках всех трех парадигм.

#### ***3.1. Вопрос о применимости классических представлений в больших масштабах***

Современные представления об устройстве Вселенной в целом (о космологии) сейчас базируются на закономерностях общей теории относительности, то есть в рамках геометрической парадигмы. С момента создания

Эйнштейном первой закрытой статической модели Вселенной, а затем открытия Фридманом трех видов космологических моделей, следующих из решений уравнений Эйнштейна, продолжается дискуссия: какая из трех моделей Фридмана ближе соответствует реальному миру. В настоящий момент большинство астрофизиков склоняется к открытой модели мира, пространственное сечение которой описывается геометрией Евклида.

Современные астрофизические данные как будто соответствуют именно этой модели, если постулировать справедливость распространения выводов общей теории относительности на сколь угодно большие масштабы. Однако здесь мнения ведущих физиков разделились. Например, Я.Б. Зельдович и представители группы Ландау считали, что это неизбежно. Так, Я.Б. Зельдович на ряде конференций делал доклады с названиями типа «Неизбежность общей теории относительности». В них он утверждал, что общая теория относительности согласуется со всеми опытами. Нет ни одного опыта, противоречащего ОТО, поэтому она логически замкнута и удовлетворяет всем разумным требованиям.

Однако представления о Вселенной в целом на базе ОТО привели к ряду настораживающих выводов. К ним, в частности, следует отнести ныне широко принятое мнение о наличии темной материи и темной энергии, вместе составляющих порядка 95 % материи в мире. О природе этих видов материи трудно утверждать что-либо определенное. На многочисленных конференциях и семинарах по гравитации и космологии основное внимание уделяется обсуждениям проблем Большого взрыва, темной энергии и темной материи, которые фактически обусловлены стремлением распространить выводы общей теории на глобальные свойства мироздания.

Но имеется и иная точка зрения – рассматривать эти утверждения как свидетельства наличия предела применимости выводов общей теории относительности. Этой точки зрения придерживались Д.Д. Иваненко и В.А. Фок, который писал: «Вообще любая физическая теория – пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна – имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий, соответствующих свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы» [25].

Подобные идеи уже неоднократно высказывались и рядом других авторитетных авторов.

Так, П.К. Рашевский, автор широко известной монографии «Риманова геометрия и тензорный анализ», писал: «В современных космологических теориях само собой подразумевается, что сколь угодно большие космические протяженности должны описываться на основе существующих математических представлений о натуральном ряде и числовой прямой. Но так ли это очевидно? <...> Не следует ли ожидать, что в области очень больших протяженностей нас еще ждут сюрпризы, подобно встретившимся в области

протяженностей очень малых (но, конечно, сюрпризы совсем другого стиля). И не исключено, что описание ситуации потребует существенно иных конструкций в самом математическом фундаменте, то есть в наших представлениях об очень больших числах» [26].

Взгляды Рашевского были развиты в ряде работ В.Л. Рвачева [27; 28], который разработал арифметику со свойствами, существенно зависящими от масштаба. Одним из проявлений такой арифметики можно считать специальную теорию относительности. Рвачев достаточно подробно развил свою теорию, описал в ней обобщения известных функций, ввел специфические релятивистские производные и интегралы. В своих работах он писал: «Прав был П.К. Рашевский, когда выступал против догматического взгляда на натуральный ряд. Что же касается ответа на вопрос, к каким последствиям для физических теорий может привести разрушение “монопольного положения натурального ряда”, то его должны дать физики» [27].

В последних работах Рвачева им самим была предпринята попытка применить новую арифметику к координатному пространству и на этой основе дать иную интерпретацию известных экспериментальных данных по космологическому красному смещению в спектрах излучения от далеких астрофизических объектов, а также утверждений об ускоренном расширении Вселенной и т. д.

В рамках реляционного подхода поддерживается подобная точка зрения. Она связана с идеями Маха, которые можно реализовать в рамках замкнутых моделей Вселенной. Отметим, что отчасти именно с этими соображениями было связано создание Эйнштейном замкнутой статической модели Эйнштейна, а затем его возражения против открытых Фридманом открытых (бесконечных) моделей Вселенной.

### ***3.2. Принцип мега-обусловленности макромира (принцип Маха)***

Вопросы о сущности и проявлениях влияния окружающего мира на локальные системы рассматривались на протяжении нескольких веков в работах многих авторов, которые стремились построить конкретную физическую теорию, учитывающую это влияние, причем пытались это сделать в рамках как триалистической (ньютоновской) парадигмы, так и трех дуалистических метафизических парадигм. Выделим несколько главных этапов развития этого направления мысли.

К первому этапу отнесем предварительные высказывания об идее воздействия окружающего мира на свойства наблюдаемых систем. Здесь, прежде всего, следует назвать соображения на этот счет Г. Лейбница, Р.И. Бошковича, Э. Маха и ряда других мыслителей прошлого. Так, Э. Мах, воспитанный на взглядах немецкой физической школы середины XIX века, писал: «Дело именно в том, что природа не начинается с элементов, как мы вынуждены начинать. Для нас во всяком случае счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на



отдельных частях его. Но мы не должны упускать из виду, что необходимо впоследствии дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания» [29].

Ко второму этапу развития идеи о влиянии окружающего мира на локальные свойства объектов следует отнести период создания общей теории относительности в первые два десятилетия XX века. Отметим, что идеи Маха сыграли важную роль при создании А. Эйнштейном общей теории относительности. Более того, сам термин «принцип Маха» был введен Эйнштейном. Так, в 1919 году Эйнштейн в своей статье «Принципиальное содержание общей теории относительности» назвал принцип Маха одним из трех положений, на которых покоится его теория. При этом он пояснил: «Название “принцип Маха” выбрано потому, что этот принцип является обобщением требования Маха, что инерция сводится к взаимодействию тел» [30]. Именно это определение принципа, данное самим Эйнштейном, породило наиболее распространенное его понимание многими физиками.

К третьему этапу развития представлений о принципе Маха следует отнести его обсуждение в рамках теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия в трудах А. Фоккера, Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана, Дж. Уилера и ряда других авторов. Этот этап развивался уже в рамках реляционной парадигмы, одной из составляющих которой является описание физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия.

Как известно, используемые в стандартной теории уравнения поля допускают наличие как опережающих, так и запаздывающих решений. При этом, как правило, опережающие решения устраняются волевым образом. Однако многих исследователей волновал вопрос об обосновании этого волевого приема. Решение этой проблемы было предложено в работе Дж. Уилера и Р. Фейнмана [31], где в рамках теории прямого электромагнитного взаимодействия было показано, что опережающие воздействия устраняются учетом опережающих воздействий на рассматриваемые системы со стороны материи всего окружающего мира. Более того, ими на этой же основе было дано обоснование возникновения силы тормозного электромагнитного излучения в уравнениях движения заряженных частиц. Эти результаты, несомненно, следует трактовать как проявления принципа Маха.

К четвертому этапу развития идей Маха следует отнести цикл исследований Ф. Хойла и Дж. Нарликара, которые развили специальную теорию [32], названную ими теорией прямого межчастичного гравитационного взаимодействия. Авторы этой теории пытались вывести значения масс выделенных частиц из вкладов от всех других частиц окружающего мира. Однако теория Хойла и Нарликара обладала рядом недостатков. Прежде всего, нужно отметить, что эта теория имела эклектический характер, – в ней производилось смешение двух физических парадигм: геометрической и реляционной. Ее правильнее было бы назвать специальным вариантом теории прямого межчастичного скалярного взаимодействия на фоне искривленного пространства-времени общей теории относительности.

К следующему этапу развития идей принципа Маха отнесем переформулировку теории прямого межчастичного взаимодействия, осуществленную в наших работах в рамках последовательной (унарной) реляционной парадигмы [18; 19; 33]. Развитие этого направления было связано с осознанием того факта, что концепцию дальнего действия, как и сам принцип Маха, следует рассматривать в комплексе с реляционной трактовкой природы классического пространства-времени. Данный подход позволил устранить важный недостаток предшествующих вариантов теории прямого межчастичного взаимодействия. Для получения содержательной теории авторам приходилось вводить наряду с действием взаимодействия так называемые действия свободных движений зарядов, что не вяжется с духом реляционной парадигмы. В последовательной формулировке реляционной теории такие слагаемые получаются автоматически как завуалированные вклады взаимодействия отдельных частиц с частицами всего окружающего мира.

В связи с изложенным уместно привести высказывание американского физика-теоретика Р. Дикке из его статьи «Многоликий Мах»: «Итак, мы видели, что у Маха много лиц – почти столько же, сколько было исследователей, рассматривающих принцип Маха. Будучи основан на глубоких философских идеях, этот принцип является интуитивным, и его трудно возвысить (или, если угодно, низвести) до уровня количественной теории. Но то, что самого Эйнштейна к его чрезвычайно изящной теории гравитации привели соображения, вытекающие из этого принципа, говорит о многом. Принцип Маха еще может быть очень полезным для физиков будущего» [34. С. 249]. Изложенное выше свидетельствует о том, что в настоящее время мы близки к разгадке сущности и механизма проявлений принципа Маха, то есть, выражаясь словами Дикке, близки к тому, чтобы его «низвести до уровня количественной теории».

#### **4. Совмещение принципов микро- и мега-обусловленности**

Как уже отмечалось, содержание данной статьи нацелено на обоснование необходимости формирования научной школы по основаниям фундаментальной физики и математики. Имеется достаточно оснований полагать, что именно совмещение двух принципов микро- и мега-обусловленности свойств макромира может оказаться в центре внимания в деятельности этой школы.

##### ***4.1. Обоснование идеи совмещения принципов микро- и мега-обусловленности***

Мысль о тесной связи идей, возникающих при обсуждении пределов применимости сложившихся представлений в микро- и мегамире, высказывалась многими авторами. Об этом много размышлял М.А. Марков. В частности, он писал: «Сама возможность такого объединения противоположных

свойств – свойств ультрабольшого и ультрамалого объекта, ультрамакроскопического и ультрамикроскопического – представляется не менее удивительной, чем объединение в одном объекте свойств корпускулы и волны» [35].

В подтверждение этой идеи уместно также привести фразу Дж. Уилера, которую он написал на стене кафедры теоретической физики МГУ во время посещения Москвы в 1972 году: «Не может быть теории элементарных частиц, имеющей дело только с элементарными частицами». И подписался «Ученик Бора». Из его разговора с профессором Д.Д. Иваненко следовало, что он фактически имел в виду влияние принципа Маха на свойства элементарных частиц.

Особое внимание следует уделить конкретным попыткам связать свойства элементарных частиц со свойствами мегамира, предпринимавшимся Г. Вейлем, П. Дираком и рядом других авторов.

В наших работах [19] было показано, что при переходе от электромагнетизма к гравитации масса эффективной частицы оказывается пропорциональной квадрату элементарного электрического заряда. В связи с этим напомним высказывание Г. Вейля: «Таким образом, масса элементарных частиц, видимо, носит менее изначальный и универсальный характер, чем их заряд» [36. С. 248]. В реляционном описании гравитационных взаимодействий для перехода от квадрата электрического заряда к массе частицы (электрона) пришлось вводить некий перенормирующий коэффициент. Однако в работах упомянутых авторов приводилась следующая формула соотношения квадрата заряда и массы в духе принципа Маха:

$$m_e = e^2 N^{1/2} / (c^2 R), \quad (1)$$

где  $R = 10^{28}$  – радиус наблюдаемой Вселенной,  $N = 10^{80}$  – число Эддингтона, характеризующее число нуклонов во Вселенной.

Ряд известных авторов, в том числе Г. Вейль, П.А.М. Дирак, Г.В. Рязанов и другие, обращали внимание на еще одну формулу, которая характеризует отношение двух видов притяжений электрона к протону в атоме – электромагнитного и гравитационного:

$$2N^{1/2} = e^2 / (G m_e m_p), \quad (2)$$

где  $m_p$  – масса протона. По этому поводу Вейль писал: «Таким образом, мистический числовой фактор  $10^{41}$  оказывается связанным с числом  $N$  (которое можно принять как случайное). Если сказанное принять всерьез, то отсюда следует, что сила притяжения двух частиц зависит от величины общей массы Вселенной! Эта идея является не столь уж странной, какой она кажется на первый взгляд. Э. Мах давным-давно попытался представить инерционную массу тела как результирующую всех масс, находящихся во Вселенной. Теория гравитации Эйнштейна не удовлетворяет постулату Маха, хотя

последний исторически и сыграл определенную роль в разработке этой теории» [36].

Между двумя выписанными формулами имеется любопытная связь. Подставляя в (2) значение массы электрона из (1), имеем

$$G = e^2 / (2m_e m_p N^{1/2}) = c^2 R / (2m_p N) \rightarrow R = 2GM / c^2,$$

где через число Эддингтона введена масса наблюдаемой Вселенной  $M = m_p N$ . Таким образом приходим к известному из закономерностей ОТО соотношению между гравитационным радиусом Вселенной и ее массой (в статической космологической модели Эйнштейна).

#### **4.2. Статистическая природа классического пространства-времени**

Для поиска путей решения данной проблемы чрезвычайно важной оказалась идея о статистической (макроскопической) природе классических пространственно-временных понятий, то есть идея об их происхождении в результате суммирования огромного количества неких микрофакторов. Это означает, что микрофакторы берутся из предела применимости в микромире, а огромным количеством их наложений обусловлены свойства мегамира.

Сегодня трудно сказать, кому принадлежит приоритет выдвижения идеи о макроскопической природе пространства-времени. Так, в середине прошедшего века нидерландский математик и физик Д. Ван Данциг писал: «...можно считать метрику описанием некоторого “нормального” состояния материи (включая излучение) и дать ей статистическую интерпретацию, как некоторое усреднение физических характеристик окружающих событий, вместо того чтобы класть ее в основание всей физики» [37].

Наш отечественный математик П.К. Рашевский в своей монографии «Риманова геометрия и тензорный анализ» писал: «Между тем трудно сомневаться в том, что макроскопические понятия, в том числе и наши пространственно-временные представления, на самом деле уходят своими корнями в микромир. Когда-нибудь они должны быть раскрыты как некоторый статистический итог, вытекающий из закономерностей этого мира – далеко еще не разгаданных – при суммарном наблюдении огромного числа микро-явлений» [38. С. 258].

Приведем также высказывание по этой проблеме американского физика-теоретика Е.Дж. Циммермана: «...микроскопические системы взаимодействуют способами, которые также должны описываться абстрактно, то есть без ссылок на пространство и время. Когда огромное число таких микроскопических систем взаимодействует, простейший и самый фундаментальный результат состоит в создании пространственно-временного каркаса, который придает законность классическим представлениям о пространстве и времени, но лишь на макроскопическом уровне» [23].

Можно существенно продолжить приведение высказываний такого рода, в разное время сделанных и другими известными авторами. Особенно следует отметить работы Р. Пенроуза, который в последней трети XX века предпринял реальную попытку вывести модель классического пространства-времени из физики микромира на основе специально развитой для этой цели твисторной программы. В одной из статей Р. Пенроуза с сотрудниками писалось: «В предшествующих работах (Р. Пенроуза. – Ю.В.) было показано, что можно ввести понятие евклидова пространства, исходя из предела вероятности взаимодействия большой сети частиц, квазистатически обменивающихся спинами. При таком подходе евклидова структура возникает из комбинаторных правил, которым удовлетворяет полный угловой момент в релятивистской квантовой механике. <...> Мы надеемся, что развитие твисторной теории приведет в конечном счете к построению лоренцевых многообразий, которые будут служить моделями пространства-времени» [39. С. 132]. Однако, как признался Пенроуз в беседе с автором, ему пока так и не удалось решить поставленную задачу на основе его теории твисторов.

К концу XX века и на рубеже XX и XXI веков высказывания о необходимости реализации идеи о макроскопической природе пространства-времени звучали более настойчиво. Все это показывает, что речь здесь идет о решении давно назревшей проблемы.

#### ***4.3. Электромагнитные истоки реляционно-статистического подхода***

Признание реляционно-статистической природы классического пространства-времени и ряда других понятий ставит следующую не менее важную проблему: каковы микрофакторы, из суммирования которых получают общеизвестные понятия? В работах названных авторов, высказывавшихся в пользу макроскопического подхода, как правило, эти факторы не указывались.

Однако на основе анализа ряда высказанных соображений можно выдвинуть достаточно правдоподобную гипотезу, что такими факторами являются фазовые вклады испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения. В пользу данного утверждения приведем следующие доводы.

1. Обоснование Р. Фейнманом явлений дифракции и интерференции не мифическими переизлучателями, находящимися в дырках дифракционной решетки, а реальными атомами вещества, образующего дифракционную решетку [40]. Из рассуждений Фейнмана можно сделать следующие три вывода.

Во-первых, общепринятое объяснение дифракции света на основе принципа Гюйгенса в теории поля можно переинтерпретировать в рамках реляционной теории.

Во-вторых, рассуждения Фейнмана явно демонстрируют, что испущенное электромагнитное излучение устанавливает некие отношения не

только между излучателем и приемником, но и между всеми возможными поглотителями.

В-третьих, вскрывается тот факт, что взаимодействие (отношение) между источником излучения и его приемником существенно зависит от распределения окружающих материальных объектов. Но это как раз созвучно содержанию принципа Маха – локальные свойства систем (в данном случае значение амплитуды вероятности) зависят от свойств окружающего мира!

2. Следующий довод можно усмотреть из дискуссии между В.Ф. Миткевичем и Я.И. Френкелем во время диспута рубежа 1920–1930-х годов по вопросу, какая из двух концепций – близкодействия или дальнодействия – является истинной [6]. На нем Френкелю был задан вопрос о том, если принять концепцию дальнодействия, то где находится энергия испущенного электромагнитного излучения в промежутке между излучением и поглощением?

Как уже отмечалось, в реляционном подходе пространство-время не является априорно заданной сущностью (фоном), а заменяется на совокупность отношений между объектами, в данном случае между зарядами. Следовательно, ответ Френкеля о том, что «электромагнитная энергия находится во всем пространстве» следует трактовать так, что она **распределена в отношениях между всеми зарядами – возможными поглотителями**. Ничего другого в данном подходе не остается. Напомним, что в более поздних работах Р. Фейнмана и Дж. Уилера утверждалось, что не может быть излучения, если нет его возможных поглотителей.

Но что это означает? Поскольку в последовательном реляционном подходе нет самостоятельной категории пространства-времени, а вместо него выступает совокупность отношений между материальными объектами (зарядами), а кроме того, имеется «море» испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения, возникают веские основания выдвинуть идею, что испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение участвует в формировании самой идеи пространственно-временных отношений. Более того, можно высказать даже более сильное утверждение, что именно **испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение ответственно за формирование классического пространства-времени**.

3. Кроме того, можно привести ряд других соображений общего характера, свидетельствующих о ключевой роли именно электромагнитных излучений.

- Все основные понятия геометрии (примитивы ее аксиоматики) – это абстракции, взятые от классических объектов, построенных из атомов и молекул на основе именно электромагнитных взаимодействий.

- Получение наблюдателем любой информации неизбежно сопряжено с изменениями состояний каких-то атомов или молекул, то есть на общепринятом языке связано с испусканием или поглощением фотонов – переносчиков электромагнитных взаимодействий.

- Электромагнитные взаимодействия являются дальнодействующими в смысле медленного убывания с расстоянием. Другой вид медленно убы-

вающих взаимодействий – гравитационных, как было показано, в данном подходе, обусловлен электромагнитным взаимодействием.

- Природа экономна, поэтому естественно предположить, что она основана на простом и известном виде взаимодействий, так что нет нужды во введении каких-либо гипотетических видов носителей.

Поскольку в реляционном подходе нет пространственно-временного фона, по которому может распространяться электромагнитное излучение («фотоны»), то нам не остается ничего иного как предположить, что процесс излучения означает создание некоей мировой матрицы парных отношений между излучателем и всеми возможными поглотителями. Назначением парных отношений является задание амплитуд вероятностей поглощения излучения теми или иными возможными поглотителями, но не только этого. В данном реляционно-статистическом подходе полагается, что парные отношения, задаваемые фотонными матрицами, являются истоком возникновения классических пространственно-временных представлений (метрики, расстояний, промежутков времени).

Таким образом, есть достаточно оснований утверждать, что с точки зрения реляционного подхода вероятностный характер поведения излучения является чрезвычайно важным обстоятельством, ответственным за возникновение классических пространственно-временных понятий. Если бы волновых свойств излучения не было, то и не было бы понятий длин и общепринятых распределений объектов в пространстве.

В реальном мире мы имеем дело не с одной фотонной матрицей, а с огромной их совокупностью, обусловленной множеством происходящих в мире процессов взаимодействий. Именно огромная совокупность актов излучения ответственна за макроскопическую природу пространственно-временных отношений.

#### ***4.4. Аналог понятия эфира в реляционно-статистическом подходе***

Реляционно-статистический подход к природе классического пространства-времени показывает, что эволюция представлений об эфире, о чем писал Я.И. Френкель в своей статье «Мистика мирового эфира», не закончилась. Ничто не мешает называть «океан» излученного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения электромагнитным эфиром в реляционно-статистической парадигме. Дело только в том, что сущность этого эфира принципиально отличается от представлений об эфире конца XIX века или от его трактовок в двух других парадигмах в XX веке. Более того, этот подход значительно усиливает идею Вейля о роли электромагнетизма в «базовой мировой структуре» [41]. *У Вейля электромагнетизм ответствен только за изменение длин при параллельном переносе, а в реляционно-статистическом подходе он ответствен за все понятие длины.*

Близкую точку зрения к пониманию эфира в реляционной парадигме можно усмотреть в высказываниях Николы Теслы. Он настаивал на необхо-

димости электромагнитного эфира. Так, он писал: «Экспериментируя с импульсами высоких напряжений, я сразу же стал глубоко размышлять над проблемой природы электрической материи и энергии. Вскоре мысли об океане волн электрической материи, заполняющей Вселенную, привели меня к новому физическому образу мирового электрического эфира. Уже в новом веке я смог развить эфирный принцип до такой степени, что получил новую динамическую теорию гравитации» (цит. по [42. С. 240]).

### Выводы и замечания

1. На основе изложенного можно ответить на вопрос: от какой из трех дуалистических парадигм удастся осуществить мечту построения единой монистической парадигмы и тем самым способствовать решению ряда назревших проблем современной теоретической физики. Как уже неоднократно отмечалось, решение этой проблемы неразрывно связано с решением задачи вывода классических пространственно-временных представлений из системы понятий и закономерностей, присущих физике микромира.

Произведенный анализ свидетельствует о том, что это не удастся осуществить в рамках теоретико-полевой парадигмы. Выдвигаемые в этом подходе претензии на построении «теории всего» в принципе неосуществимы, поскольку даже при построении искомого объединения всех видов физических взаимодействий эта теория будет иметь дуалистический характер, так как будет опираться на две физические категории: пространства-времени и объединенного поля.

Данную проблему не удастся решить и в рамках геометрической парадигмы, поскольку речь в ней идет лишь об обобщениях свойств уже априорно заданного пространственно-временного многообразия.

Имеется достаточно оснований утверждать, что наиболее подходящей для решения данной проблемы является реляционная парадигма, остававшаяся на обочине магистрального направления развития физики в XX веке. Эта идея, высказанная рядом авторитетных физиков, в последнее время завоевывает все больше сторонников.

2. Отметим ряд наиболее существенных факторов, свидетельствующих о необходимости дальнейшего развития фундаментальной теоретической физики именно в рамках реляционной парадигмы.

2.1. Главным достижением реляционного подхода является лишение категории пространства-времени самостоятельного (априорного) характера. В этом подходе эта категория предстает как абстракция от совокупности отношений между материальными объектами (или событиями с их участием). В нем фактически реализуется замысел Маха, который Эйнштейн выразил словами: «Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками». Только теперь пространство следует заменить на сумму интервалов между событиями.



2.2. В реляционном подходе показано, что дополнительная, пятая размерность в теории Калуцы обусловлена не чем иным, как электрическим зарядом в пространстве скоростей. Получается так, что посредством дополнительной (скрытой) размерности учитывается своеобразное удвоение скоростей – в нейтральном и в зарядовом (токовом) проявлениях. Ничего более существенного за этим не кроется. Это объясняет тот факт, что в 5-мерной теории Калуцы дополнительная размерность явно проявляется именно в пространстве скоростей, а не в координатном пространстве. Последнее в теории Калуцы фактически устраняется условием циклической зависимости волновых функций заряженных частиц от пятой координаты.

2.3. Не менее важным результатом, открывающимся в рамках реляционного подхода, является вторичный характер гравитационных взаимодействий, оказавшихся своеобразным квадратом от электромагнитных взаимодействий. Это в значительной мере подтверждает мысль Г. Вейля о единстве гравитационных и электромагнитных явлений: «И у тех и у других в возникающей таким образом теории оказывается один и тот же источник, причем, вообще говоря, гравитацию и электричество даже нельзя произвольно отделить друг от друга» (курсив Вейля) [36].

3. Главное внимание в рамках реляционного подхода должно быть обращено на развитие бинарной предгеометрии, опирающейся на теорию бинарных систем комплексных отношений. В рамках этой теории удастся получить ряд новых существенных результатов. Перечислим главные из них (см. [18; 19]).

3.1. В рамках бинарной предгеометрии удастся обосновать основные свойства классического пространства-времени, такие как 3-мерность пространства, сигнатура (+ – – –) 4-мерного пространства-времени, квадратичность мероопределения и некоторые другие. Необходимость решения этих фундаментальных проблем отмечалась уже в XVIII и XIX веках И. Кантом, Э. Махом и рядом других мыслителей. В XX веке над этой проблемой размышляли А. Эйнштейн, А. Эддингтон и другие классики фундаментальной физики. Но этого так и не удалось сделать с позиций теоретико-полевой и геометрической парадигм.

3.2. В бинарной предгеометрии предлагается теоретическое обоснование двух видов отношений, соответствующих координатному и импульсному пространствам.

3.3. Как известно, вся классическая физика и общепринятая геометрия представлена в рамках действительных чисел, тогда как физика микромира описывается комплексными числами, что, как нам представляется, обусловлено тем, что в физике микромира теряет смысл свойство упорядоченности (отсутствует понятие больше-меньше). Это диктует необходимость перехода от теории систем вещественных отношений к теории систем комплексных отношений, что осуществляется в рамках бинарной предгеометрии.

3.4. В рамках бинарной предгеометрии предлагается путь описания электрослабых и сильных взаимодействий в физике микромира.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Ю.С.* Природа пространства и времени: Антология идей. – М.: ЛЕНАНД, 2019.
2. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
3. *Румер Ю.Б.* Рассказы Юрия Борисовича Румера // УФН. – 2001. – Т. 171. – № 10. – С. 1140.
4. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 1: Диамату вопреки. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010, 2012.
5. *Френкель Я.И.* Мистика мирового эфира // На заре новой физики: сб. – Л.: Наука, 1970.
6. Природа электрического тока. (Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте). – М.-Л.: Изд-во электротехнического общества, 1930.
7. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 2: По пути Клиффорда–Эйнштейна. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
8. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. – Кн. 3: Геометрическая парадигма: испытание временем. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
9. *Иваненко Д.Д.* Возможности единой теории поля // Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии: сб. – Киев: Наукова думка, 1965.
10. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Кн. 4: Вслед за Лейбницем и Махом. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
11. *Владимиров Ю.С.* От геометрофизики к метафизике; Развитие реляционной, геометрической и теоретико-полевой парадигм в России в конце XX – начале XXI века. Состояние и перспективы. – М.: ЛЕНАНД, 2019.
12. *Де Бройль Л.* Революция в физике. – М.: Госатомиздат, 1963.
13. *Блохинцев Д.И.* Пространство и время в микромире. – М.: Наука, 1970.
14. *Чью Дж.Ф. (Chew G.F.)* The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress. – 1963. – Vol. LI. – No. 204. – P. 529–539.
15. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. – М.: Едиториал УРСС, 2004.
16. *Риман Б.* О гипотезах, лежащих в основании геометрии // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. – М.: Мир, 1979. – С. 18-33.
17. *Зельманов А.Л.* Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия: сб. – М.: Наука, 1977.
18. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. – Ч. 1: Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
19. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница – Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017.
20. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Квантовая механика. – М.: Наука, 1963.
21. *Мандельштам Л.И.* Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука, 1972.
22. *Менский М.Б.* Квантовые измерения и декогеренция. – М.: Физматлит, 2001.
23. *Zimmerman E.J.* The macroscopic nature of space-time // Amer. J. Phys. – 1962. – Vol. 30. – P. 97–105.
24. *Пенроуз Р., Мак-Каллум М.А.Х.* Теория твисторов: подход к квантованию полей и пространства-времени // Твисторы и калибровочные поля: сб. – М.: Мир, 1983. – С. 131–224.
25. *Фок В.А.* Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание: сб. – М.: Мысль, 1969. – С. 200.
26. *Рашевский П.К.* О догмате натурального ряда // Успехи математ. наук. – 1973. – Т. XXVIII. – Вып. 4 (172). – С. 243–246.
27. *Рвачев В.Л.* Релятивистский взгляд на развитие конструктивных средств математики. – Харьков: Препринт института проблем машиностроения АН УССР, 1990.

28. Рвачев В.Л. Неподвижные объекты дальнего космоса имеют красное смещение своих спектров // Препринт АН Украины. Инст. проблем машиностроения. – № 377. – Харьков, 1994.
29. Мах Э. Познание и заблуждение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2003.
30. Эйнштейн А. Принципиальное содержание общей теории относительности // Собр. научн. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 613–615.
31. Уилер Дж.А., Фейнман Р. (*Wheeler J.A., Feynman R.P.*) Interaction with absorber as the mechanism of radiation // *Rev. Mod. Phys.* – 1945. – Vol. 17. – P. 157–181.
32. Хойл Ф., Нарликар Дж. (*Hoyle F., Narlikar J.V.*) Action at a distance in physics and cosmology. – San Francisco: W.N. Freeman and Comp., 1974.
33. Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю. Теория прямого межчастичного взаимодействия. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
34. Дикке Р. Многоликий Мах // Гравитация и теория относительности: сб. – М.: Мир, 1962.
35. Марков М.А. О современной форме атомизма // Избранные труды. – Т. 1. – М.: Наука, 2000. – С. 447.
36. Вейль Г. Бог и Вселенная. // Альманах «Метафизика. Век XXI». – М.: БИНОМ, 2011. – С. 209–210.
37. Данциг Ван Д. (*Van Dantzig D.*) On the relation between geometry and physics and concept of space-time // *Funfzig Jahre Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel.* – 1955. – Bd. 1. – S. 569.
38. Рашиевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1967.
39. Пенроуз Р. Структура пространства-времени. – М.: Мир, 1972. – С. 132–133.
40. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – Т. 3 (Излучение, волны, кванты). – М.: Мир, 1965.
41. Вейль Г. Основные черты физического мира. Форма и эволюция // Г. Вейль. Избранные труды. Математика. Теоретическая физика. – М.: Наука, 1984. – С. 345–360.
42. Арсенов О.О. Никола Тесла. Открытия реальные или мифические. – М.: Эксмо, 2010.

## PREREQUISITES FOR THE ESTABLISHMENT OF THE SCIENTIFIC SCHOOL “FOUNDATIONS OF FUNDAMENTAL PHYSICS AND MATHEMATICS” IN RUSSIA

Yu.S. Vladimirov

*Lomonosov Moscow State University,  
Institute of Gravity and Cosmology, RUDN University*

The article is devoted to the substantiation of the need to create a scientific school on the basis of fundamental physics and mathematics. Firstly, it shows the development of ideas and hypotheses concerning the foundations of fundamental physics for over a century in the framework of three successively connected scientific schools: P. Ehrenfest, Ya.I. Frenkel and D.D. Ivanenko. Secondly, the article demonstrates that to date, a sufficient number of scientific results, mathematical methods and ideas have been accumulated that are necessary for a substantial revision of the existing ideas about physical reality.

**Keywords:** Three physical paradigms (field-theoretic, geometric and relational), the principles of mega-conditioning (Mach principle) and micro-conditioning of the classical world.