

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-3-69-81

РЕЛЯЦИОННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРИНЦИПЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ

И.А. Бабенко¹, Ю.С. Владимиров^{1,2}

¹ *Институт гравитации и космологии РУДН
Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 3*

² *Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы*

Аннотация. В статье производится сопоставление описаний гравитационного и электромагнитного взаимодействий в двух физико-теоретических парадигмах: геометрической и реляционной. Сопоставляются, с одной стороны, общая теория относительности и 5-мерная геометрическая теория Калуцы и, с другой стороны, реляционная теория электрогравитации. При сравнении описываются параллельные проявления всех «четырёх чудес» Салама в двух физико-теоретических подходах. Исходя из реляционных представлений, показывается, что три вида рассматриваемых взаимодействий – электромагнитное, скалярное и гравитационное – в теории электрогравитации имеют производный характер от электромагнетизма. Высказывается мысль, что в XX веке физика могла развиваться, главным образом, в рамках реляционной парадигмы.

Ключевые слова: общая теория относительности, электрогравитация, 5-мерная теория Калуцы, прямое межчастичное взаимодействие, электромагнитное, скалярное и гравитационное взаимодействия, принцип Маха.

Введение

К настоящему времени накопилось достаточно оснований утверждать, что за прошедшие более века со времени создания общей теории относительности (ОТО) принципы, заложенные в ее основания, практически исчерпаны. Настало время уделить особое внимание анализу сложившихся представлений о классическом пространстве-времени и физической реальности. Прове-

денный анализ показывает, что современные исследования в области фундаментальной теоретической физики параллельно осуществляются в рамках трех парадигм [1]: 1) теоретико-полевой (ныне доминирующей), 2) геометрической, основанной на принципах общей теории относительности и ее обобщений, и 3) реляционной, основанной на идеях Г. Лейбница, Э. Маха [2] и других мыслителей прошлого. Последняя из них оказалась в XX веке на обочине магистральных исследований в рамках первых двух парадигм. Тем не менее в минувшем веке идеи реляционной парадигмы трижды сыграли важную роль в развитии физики: во-первых, при создании специальной теории относительности, во-вторых, при формировании А. Эйнштейном общей теории относительности и, в-третьих, при создании Р. Фейнманом своеобразной формулировки квантовой механики.

В данной статье предлагается с современных позиций взглянуть на роль реляционных идей при создании общей теории относительности и на принципы сложившейся в дальнейшем геометрической парадигмы.

Напомним высказывания самого Эйнштейна из его статьи «Эрнст Мах»: «Что касается меня лично, то я должен сказать, что мне прямо или косвенно помогли работы Юма и Маха» [3]. Далее он предлагал обратиться к книге Маха «Механика. Историко-критический очерк ее развития» и подчеркивал важность содержащихся там мыслей, «которые до сих пор еще не стали общим достоянием физиков». Напомним, что именно Эйнштейн возвел часть реляционных взглядов Маха в ранг принципа Маха.

Известно также, что вскоре после создания общей теории относительности Эйнштейн осознал, что созданная им теория не соответствует реляционным идеям Маха и он отрекся от его идей, что обосновал следующим образом: «По мнению Маха, в действительно рациональной теории инертность, подобно другим ньютоновским силам, происходит от взаимодействия масс. Это мнение я в принципе считал правильным. Оно неявным образом предполагает, однако, что теория, на которой все основано, должна принадлежать тому же общему типу, как и ньютонова механика, основными понятиями в ней должны служить массы и взаимодействия между ними. Между тем не трудно видеть, что такая попытка не вяжется с духом теории поля» [4].

Действительно, реляционные взгляды Маха не вязались с духом как теории поля, так и общей теории относительности. В их основания, как и ньютоновой механики, закладывалось наличие пространственно-временного континуума, тогда как, согласно идеям Маха, не существует такой самостоятельной сущности (физической категории). Как писал сам Эйнштейн: «Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он стремился заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками» [3]. Именно в этом сказалось самое существенное принципиальное различие идей реляционной и геометрической парадигм.

1. Сопоставление принципов реляционной парадигмы и общей теории относительности

В настоящее время можно утверждать, что исследования в рамках реляционной парадигмы опираются на три блока идей (концепций или принципов): 1) на реляционное понимание природы пространства-времени, альтернативное принятому в общей теории относительности субстанциальному пониманию пространства-времени, 2) на описание физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия, также альтернативной ныне общепринятому описанию взаимодействий в рамках концепции ближнего действия, и 3) на принцип Маха, понимаемый как обусловленность ряда локальных свойств систем глобальными свойствами окружающего мира (Вселенной). Сопоставим более подробно основания реляционной парадигмы и общей теории относительности.

Понимание природы пространства-времени. Согласно идеям Э. Маха и Г. Лейбница, Пространство (и время) не представляют самостоятельной сущности (физической категории), а являются абстракцией от совокупности отношений (расстояний и промежутков времени) между материальными объектами и событиями с их участием, тогда как в общей теории относительности пространство-время имеет самостоятельный, субстанциальный характер.

Напомним, что еще Лейбниц [5] задавал вопрос Кларку, стороннику взглядов Ньютона об абсолютном пространстве, останется ли пространство, если из него убрать тела? По мнению Ньютона и его сторонников, останется, тогда как Лейбниц (и Мах) считали, что нет, оно потеряет смысл. А в работах самого Эйнштейна и его последователей преследовалась цель вывести сами частицы и тела из свойств пространства-времени. Так, Дж. Уилер писал: «Пространство-время не есть *арена* для физики, это *вся классическая физика*» [7]. Эйнштейн в ряде своих работ трактовал искривленное пространство как своеобразный эфир. Например, он писал: «Эфир общей теории относительности есть среда, сама по себе лишенная всех механических и кинематических свойств, но в то же время определяющая механические (и электромагнитные) процессы» [8. С. 685].

Описание физических взаимодействий. Другое существенное различие ОТО от идей реляционного подхода состоит в том, что в ОТО (как и во всей геометрической парадигме) физические взаимодействия описываются в рамках концепции ближнего действия, тогда как в реляционной парадигме используется концепция дальнего действия. Именно в духе концепции ближнего действия в ОТО стремятся описывать природу и распространение гравитационных волн. Это породило множество работ по поиску критериев гравитационных волн и определению псевдотензора энергии-импульса гравитации. Эти многочисленные попытки так и не привели к успеху.

В реляционной парадигме отказ от пространственно-временного фона означает отказ от категории полей переносчиков взаимодействий, поскольку нет фона, на котором можно определить понятие поля. Это означает, что в

реляционной парадигме для описания физических взаимодействий следует использовать концепцию дальнего действия, альтернативную концепции ближнего действия, используемой как в геометрической, так и в теоретико-полевой парадигме.

Принцип Маха. В рамках общей теории относительности не выполняется принцип Маха, сыгравший важную роль при ее создании Эйнштейном. Это легко продемонстрировать на примере наиболее важного сферически-симметричного решения Шварцшильда. Очевидно, что в метрике Шварцшильда на бесконечности ничего нет, – на больших расстояниях пространство-время плоское. В этом случае отпадает возможность говорить о принципе Маха как источнике происхождения массы центрального объекта.

Можно полагать, что, стремясь сохранить принцип Маха, Эйнштейн построил статическую замкнутую космологическую модель и некоторое время противился признанию космологических решений Фридмана, особенно открытых моделей.

2. Главные недостатки общей теории относительности

В настоящее время можно сформулировать ряд недостатков общей теории относительности (и всей геометрической парадигмы). Принципиально важными являются следующие три:

1) доминирующий характер в ОТО именно гравитационного взаимодействия без должного раскрытия его связи с электромагнитным взаимодействием;

2) недостаточная роль в варианте Эйнштейна понятий системы отсчета – одного из ключевых факторов в реляционной парадигме;

3) отсутствие связи с принципами квантовой теории, точнее, с принципами теоретико-полевой парадигмы.

1. Проблема связи гравитации и электромагнетизма. В общей теории относительности и во всей геометрической парадигме за основу взяты гравитационные взаимодействия. Однако создатели геометрической парадигмы с самого начала осознавали неразрывное единство гравитации и электромагнетизма. Не случайно Д. Гильберт, записавший уравнение Эйнштейна даже раньше самого Эйнштейна, строил именно совместную теорию гравитации и электромагнетизма.

Совмещению этих двух видов взаимодействий Эйнштейн посвятил всю оставшуюся жизнь после создания ОТО. В 1930 году он писал: «Неясным остался еще формальный смысл электромагнитного поля, которое не могло быть объяснено одной только метрической структурой пространства. Однако со времени создания общей теории относительности нельзя уже серьезно сомневаться в том, что гравитационное и электромагнитное поля должны объединяться некой единой структурой (четырёхмерного) пространства» [8].

Не случайно также, что сразу же после создания ОТО было предложено два варианта решения данной проблемы: первый – Г. Вейлем на основе

4-мерного обобщения римановой геометрии [9] и второй – Т. Калуцей на основе 5-мерного обобщения римановой геометрии [10]. В течение нескольких десятилетий эти два варианта имели конкурирующий характер. Сам Эйнштейн отдавал предпочтение то одному из них, то другому. Сторонниками геометрического подхода признавалось лишь единство гравитации и электромагнетизма, но при этом во главу угла ставилась гравитация.

Следует напомнить, что в общей теории относительности электромагнитное поле вводится волевым приемом – введением тензора энергии-импульса гравитационного поля в правую часть уравнений Эйнштейна. Это Г. Вейль называл «приклеиванием электромагнетизма к гравитации».

2. Проблема соотношения координатных систем и систем отсчета.

Долгое время существенным дефектом ОТО было отсутствие критерия наблюдаемости величин, описываемых тензорными компонентами. Например, это касалось определения плотности энергии исходя из тензора энергии-импульса. Как известно, в теории относительности компоненты тензорных величин зависят от выбора координатной системы, а таковых бесконечно много. На этот дефект обратил внимание академик А.А. Логунов, предлагая взамен ОТО свою релятивистскую теорию гравитации. Так, на 5-й Всесоюзной гравитационной конференции в Москве, обращаясь к Е.М. Лифшицу по поводу их с Л.Д. Ландау определения псевдотензора энергии-импульса гравитационного поля, он заявил: «Ваше определение энергии – это находка для министерства финансов, – выбором координатной системы вы можете получить какую угодно энергию».

Выходом из этой трудности явилось дополнение ОТО методом задания систем отсчета [11]. Он основан на необходимости исходить из наличия конгруэнции времениподобных мировых линий наблюдателя, что означало задание вектора его 4-скорости, касательного к его мировой линии. Только относительно наблюдателя можно ставить вопрос об определении экспериментально наблюдаемых величин.

В связи с этим отметим, что в реляционной парадигме (в унарной и бинарной геометрофизике) ключевую роль в задании отношений играют свойства базиса (базисных элементов). Аналогом методики описания свойств базиса в реляционной теории явился монадный метод задания систем отсчета в ОТО. Наблюдатель выполняет роль эталонных элементов (базиса) в теориях систем отношений.

Особо следует подчеркнуть тот факт, что элементы монадного метода были заложены в работе А. Эйнштейна и П. Бергмана (1938 г.) [12] в связи с развитием 5-мерной теории гравитации и электромагнетизма Т. Калуцы. Тогда в 5-мерной теории встала проблема разделения 5-мерных тензорных понятий на те, что описываются в рамках уже созданной ОТО, и на дополнительные выражения, связанные с пятой координатой, описывающей электромагнетизм.

Однако ни в работе Калуцы, ни в упомянутой работе Эйнштейна и Бергмана не был содержательно развит монадный метод. Это было сделано

в 1940–1960-х годах в рамках 4-мерия, и только затем уже монадный метод был обратно применен для корректной формулировки 5-мерной теории Калуцы [11].

3. Проблема совмещения принципов ОТО и квантовой теории.

Следующим дополнением общей теории относительности должно стать совмещение ее принципов с принципами квантовой теории, а в более общем плане – совмещение принципов геометрической и теоретико-полевой парадигм. В XX веке на решение этой проблемы были затрачены большие усилия, однако за прошедшее столетие эту проблему так и не удалось решить в рамках доминировавших теоретико-полевой и геометрической парадигм. Это чрезвычайно важный вопрос, однако обсуждение этой проблемы выходит за пределы данной статьи.

Эти и ряд других недостатков общей теории относительности заставляют более серьезно относиться к высказываниям Д.Д. Иваненко, В.А. Фока и других известных физиков об ограниченной применимости принципов общей теории относительности. Так, В.А. Фок 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, сообразных свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, при этом возникают новые гносеологические вопросы» [13].

3. Реляционная теория электрогравитации

В связи с сопоставлением описания электромагнитных взаимодействий в реляционной и геометрической парадигмах напомним высказывание Д. Ван Даницга, сделанное в середине XX века: «С давних пор считается, что понятия и теоремы геометрии являются предпосылками для использования в математических моделях физики. Причины преобладания такого отношения кажутся скорее порождением истории и традиций, чем логики. Это остается верным для евклидовой и римановой геометрии, предложенной Эйнштейном в качестве модели гравитации, так же как и пятимерности и проективного обобщения, и более свежих общих линейных связностей, использовавшихся Эйнштейном и Шредингером. Недостаточно ясно, какие логические или эпистемологические преимущества у интерпретации части геометрического объекта, как, скажем, электромагнитного поля, а не наоборот» [14].

В рамках реляционного подхода как раз и используется противоположный принятому в геометрической парадигме ход мысли: предлагается вывести теорию гравитации, а вместе с тем и геометрию из электромагнитных взаимодействий.

Первые шаги в этом направлении можно усмотреть в работах А. Фоккера [15], а затем Р. Фейнмана и Дж. Уилера [16] и других авторов, где было показано, что трудности с отсутствием понятия поля удается преодолеть в рамках

теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия. В этой теории вместо векторных потенциалов электромагнитного поля выступали характеристики (точки и положения) самих взаимодействующих заряженных частиц.

Затем принципы этой теории Я.И. Грановским и А.А. Пантюшиным были перенесены на случай прямого межчастичного гравитационного взаимодействия [17]. Кроме того, в работах Ф. Хойла и Дж. Нарликара [18] с целью обоснования значений масс, а точнее, слагаемых «свободного» действия, была построена теория прямого межчастичного скалярного взаимодействия. Это уже были существенные шаги, опровергающие мнение Эйнштейна о необходимости отказа от идей Маха. Оказалось, что имеется альтернативный, реляционный вариант построения теории гравитации (и не только), согласующийся с идеями Маха.

Теорию прямого межчастичного взаимодействия типа Фоккера–Фейнмана возможно интерпретировать в рамках последовательного реляционного подхода. Построенная на этой основе теория электрогравитации позволяет объединить гравитационное, электромагнитное и скалярное взаимодействия [19]. В этой теории действие Фоккера–Фейнмана интерпретируется в терминах унарных систем вещественных отношений (УСВО) на множестве взаимодействующих частиц. Для этого выделяются два класса таких отношений: ток-токовое парное отношение (между токовыми характеристиками) и пространственно-временное парное отношение. В последовательной реляционной теории, основанной на УСВО, каждый тип парных отношений характеризуется так называемым законом – функцией, обращающейся в нуль при произвольных выборках из r элементов внутри данного множества, где r – ранг УСВО. Данная функция в простейших случаях сводится к формам объема некоторых n -мерных симплексов в абстрактных (псевдо) евклидовых пространствах (они задаются детерминантами Кэли–Менгера или Грама).

В теории электрогравитации используется закон ток-токовых отношений (скалярное произведение двух 4-мерных векторов) в виде равенства нулю определителя Грама для пяти произвольных идеализированных микрочастиц с одинаковыми по модулю электрическими частицами. Это есть закон ранга (5), найденный в группе Кулакова. Он соответствует 3-мерной геометрии Лобачевского, которая и описывает пространство скоростей в физике.

В рамках реляционного подхода [19] к геометрии пространства-времени можно построить все общепринятые геометрические понятия из миноров в законе соответствующей УСВО. В теории электрогравитации данная закономерность распространяется и на случай закона ток-токовых отношений. Показано, что диагональный минор второго порядка из определителя Грама соответствует подинтегральному выражению для прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, ранее полученному в работах Грановского и Пантюшина. Таким образом закладываются основы теории электрогравитации, где гравитационные взаимодействия фактически оказываются производными от электромагнитных взаимодействий.

Из теории электрогравитации вытекает ряд следствий. Прежде всего, следует отметить, что диагональный минор второго порядка соответствует линеаризованной теории гравитации, а диагональные миноры третьего и четвертого порядков обеспечивают появление нелинейных гравитационных взаимодействий. Так, в работах С.В. Болохова и А.Н. Кленецкого [20] показано, что эффект смещения перигелия Меркурия описывается минором третьего порядка.

Принципиально важными оказались следствия, соответствующие принципу Маха. Так, было показано, что массы эффективных заряженных частиц оказываются пропорциональными квадрату электрического заряда, а в качестве коэффициента пропорциональности могут выступать характеристики всей Вселенной. Это соответствует ряду интуитивно высказанных идей А. Эддингтона [21], Г. Вейля, Г.В. Рязанова и других авторов.

Другим важным следствием теории электрогравитации является обоснование свободных слагаемых в действии, которые оказываются завуалированными взаимодействиями частиц со всеми объектами окружающей Вселенной, что также соответствует проявлению принципа Маха.

4. Сопоставление электрогравитации с 5-мерной теорией гравитации и электромагнетизма Калуцы

Однако вернемся к достижениям геометрической парадигмы, конструктивное начало которой было заложено созданием общей теории относительности. Наиболее важные результаты по объединению гравитации и электромагнетизма были получены в рамках многомерных геометрических моделей типа теории Т. Калуцы [10]. В них посредством увеличения размерности римановой геометрии на единицу удалось геометризовать также в электромагнитные взаимодействия, а на основе дальнейшего увеличения размерности до восьми – геометризовать электрослабые и сильные взаимодействия [22].

Удивляют результаты, полученные в рамках 5-мерной теории Калуцы, которые А. Салам назвал «чудесами теории Калуцы» [23]. Им были названы четыре главных «чуда», которые можно воспринять как свидетельства в пользу геометрической парадигмы. Однако оказалось, что все четыре чуда осуществляются и в рамках электрогравитации.

Первое «чудо теории Калуцы» состоит в том, что пятнадцать 5-мерных уравнений Эйнштейна распадаются на десять 4-мерных уравнений Эйнштейна, на четыре 4-мерных уравнения второй пары Максвелла для электромагнетизма и одно дополнительное скалярное поле геометрического происхождения. Аналогичное «чудо» имеет место и в электрогравитации: минорами из закона ток-токовых отношений описываются слагаемые в действии фоккеровского вида, обусловленные электромагнитным, гравитационным и скалярным взаимодействиями. Из них получаются тождества,

соответствующие уравнениям полей в геометрической и теоретико-полевой парадигмах.

Второе «чудо Калуцы» состоит в том, что в правой части десяти 4-мерных уравнений Эйнштейна автоматически возникает тензор энергии-импульса электромагнитного поля, который в стандартной общей теории относительности вводится волевым образом. Салам называл лишь электромагнитный вклад, однако к этому следует добавить возникновение еще тензора энергии-импульса скалярного поля.

В реляционном подходе это «чудо» также описывается минором второго порядка, однако не диагонального, а соседнего с ним, но содержащего диагональное слагаемое. В итоге получается трехчастичное слагаемое в фоккеровском действии, описывающее электромагнитное взаимодействие двух заряженных частиц в гравитационном поле третьей частицы.

Третьим «чудом» теории Калуцы было названо то, что четыре из пяти 5-мерных уравнений геодезической составляющей совпадают с общепринятыми уравнениями движения частиц в присутствии электромагнитного и гравитационного полей, а пятое (скалярное) уравнение определяет постоянство отношения электрического заряда частиц к их массе (при использовании условий цилиндричности метрики по 5-й координате).

В теории электрогравитации из действия фоккеровского типа посредством вариационного метода осуществляется переход к уравнениям движения заряженной частицы, которое можно трактовать как уравнение геодезической линии в линеаризованной общей теории относительности в присутствии электромагнитного поля.

Из действия фоккеровского типа для системы скалярно взаимодействующих частиц также вариационным методом можно получить уравнение движения частицы. Данное уравнение показывает, что скалярное взаимодействие приводит к появлению обобщенной массы или обобщенного импульса частицы, зависящего от эффективного скалярного потенциала.

Четвертое, названное Саламом «чудо теории Калуцы», состоит в том, что в этой теории дается обоснование общепринятых калибровочных электромагнитных преобразований, которые в 5-мерии автоматически возникают из допустимых в теории преобразований пятой координаты.

В теории электрогравитации также показывается, что эффективный векторный потенциал автоматически удовлетворяет условию калибровки Лоренца. При этом следует отметить, что в теории прямого электромагнитного взаимодействия типа Фоккера потенциалы электромагнитного взаимодействия, по сути, являются вторичными понятиями и имеют смысл лишь в местах расположения заряженных частиц. Таким образом, в электрогравитации «первоструктурой» для формирования рассмотренных физических взаимодействий является заряд.

При сопоставлении теорий двух парадигм вскрывается ряд важных, но далеко не очевидных обстоятельств.

Во-первых, в рамках обеих парадигм имеет место стремление к построению объединенной теории гравитации и электромагнетизма.

Во-вторых, следует иметь в виду описание не двух видов взаимодействий, а трех – наряду с векторным электромагнитным и тензорным гравитационным взаимодействиями необходимо также учитывать скалярное взаимодействие. В геометрической парадигме оно обычно исключается волевым образом, а в реляционной парадигме показывается его важная роль.

В-третьих, при сопоставлении двух парадигм в них вскрывается параллельное проявление всех «четырёх чудес», о которых писал Салам, имея в виду лишь 5-мерную теорию Калуцы.

В-четвертых, в двух парадигмах доминирующую роль играют разные виды взаимодействий. В геометрической парадигме исходят из гравитационного взаимодействия, а электромагнетизм фактически возникает как своеобразное обобщение гравитации в виде дополнительных координат 5-мерного метрического тензора, тогда как в реляционной парадигме исходным является электромагнитное взаимодействие, а гравитация возникает как своеобразное следствие электромагнетизма.

Таким образом, оказывается, что указанные чудеса геометрического подхода вполне соответствуют выводам реляционного подхода. Более того, в геометрическом подходе для многих является существенной проблема физического обоснования дополнительных размерностей, которая решается в рамках реляционного подхода.

Заключение

Развитие последовательного реляционного подхода дает веские основания высказать сожаление о том, что А. Эйнштейн, следуя реляционным идеям Э. Маха при создании общей теории относительности, после ее формирования отрекся от его идей и от введенного им же самим принципа Маха. Последовательный реляционный подход как к геометрии, так и описанию физических взаимодействий, показывает, что фундаментальная физика в XX веке могла бы успешно развиваться в рамках реляционных идей, фактически заложенных в специальную теорию относительности. Для этого уже тогда фактически сложились основные предпосылки. В самом начале века на реляционных началах была построена специальная теория относительности, а в 1920-х годах А.Д. Фоккером уже была предложена теория прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия. В диспутах в Ленинградском политехническом институте живо обсуждалась концепция дальнего действия. Представляется, что ничто не мешало начать строить теорию прямого межчастичного гравитационного взаимодействия не со второй половины XX века, а значительно раньше.

Но этого не произошло вследствие предпосылок исторического характера. Свойства пространства и времени издавна волновали человечество. На протяжении многих веков обсуждалась геометрия Евклида. Лучшие

умы человечества приветствовали сначала открытие первой неевклидовой геометрии в начале XIX века, а затем и римановой геометрии в его середине. Сразу же был поставлен вопрос о возможности проявлений этих геометрий в реальном мире. (Известно, что К. Гаусс и Н.И. Лобачевский предпринимали попытки обнаружения неевклидовости геометрии окружающего мира.) Об этом размышлял В. Клиффорд и строил догадки, какими физическими факторами могло быть обусловлено отклонение геометрии от евклидовой, каким мог бы быть мир, если бы он описывался сферической геометрией Римана.

И вот, в начале XX века в работах А. Эйнштейна вдруг было предложено решение этой многовековой проблемы – на базе строгого математического аппарата было показано, что отличие свойств реального пространства-времени – его искривленность – обусловлено гравитационными взаимодействиями. Это действительно было долгожданным, можно сказать, эпохальным открытием. Более того, теория Эйнштейна экспериментально подтверждалась в рамках Солнечной системы.

Так были заложены основы новой геометрической парадигмы, существенно отличавшейся от триалистической парадигмы ньютоновой классической физики, определявшей развитие физики на протяжении трех столетий, что также явилось триумфальным следствием создания общей теории относительности.

Но с открытием Эйнштейна было связано еще и осознание учеными того, что теперь наука, точнее физика, способна заменить философско-религиозные воззрения на мир прошлых веков. Физиков воодушевляла мысль, что теперь из решений уравнений Эйнштейна мы можем получать знания о глобальном устройстве Вселенной!

Разве могли со всем этим сравниться частные гипотетические результаты Фоккера или робкие критические замечания относительно теории Эйнштейна отдельных авторов? Осознавшие свою значимость физики устремились дальше развивать принципы общей теории относительности. Рядом авторов были предприняты более или менее успешные попытки еще более обобщить принципы общей теории относительности, тем самым была сформирована геометрическая парадигма. Этот процесс продолжался, то оживляясь, то затихая на протяжении всего XX века. Можно сказать, что он продолжается по настоящее время. Исходя из этого, легко понять проблематичность иных точек зрения.

Однако сейчас перед современной наукой стоит проблемы вывода современных представлений о классическом пространстве-времени. На наш взгляд, подобную проблему возможно решить лишь в рамках реляционного понимания природы пространства-времени, так как геометрический и теоретико-полевые подходы строятся на базе уже априорно заданного пространства-времени. В реляционном подходе нет такого барьера, поэтому он позволяет непосредственно приступить к решению проблемы вывода

классического пространства-времени из системы более элементарных понятий и закономерностей физики микромира и тем самым дать теоретическое обоснование его известных свойств, в частности таких, как его 4-мерность и сигнатура.

Кроме того, в рамках теории электрогравитации открывается более естественный путь обоснования магнитных полей астрофизических объектов [24].

Литература

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
2. *Владимиров Ю.С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017.
3. *Эйнштейн А.* Эрнст Мах // Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 27–32.
4. *Эйнштейн А.* Автобиографические заметки // Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 268.
5. *Лейбниц Г.* Письма к Кларку // Лейбниц. Сочинения: в 4 т. Т. 1. М.: Мысль, 1982. С. 430–528.
6. *Уилер Дж.А.* Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Издат. иностр. лит-ры, 1962. С. 333–334.
7. *Эйнштейн А.* Эфир и теория относительности // Собрание научных трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965. С. 682–689. URL: <http://www.veinik.ru/science/fizmat/article/581.html>
8. *Эйнштейн А.* Автобиографические заметки // Собрание научных трудов. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 286.
9. *Вейль Г.* Гравитация и электричество // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. М.: Мир, 1979. С. 513–528.
10. *Калуца Т.* К проблеме единства физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сб. М.: Мир, 1979. С. 529–534.
11. *Владимиров Ю.С.* Системы отсчета в теории гравитации. Изд. 2-е. М.: ЛЕНАНД, 2019.
12. *Эйнштейн А., Бергман П.* Обобщение теории электричества Калуцы // Собрание научных трудов. Т. 2. М.: Наука, 1966. С. 492–513.
13. *Фок В.А.* Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание: сб. М.: Мысль, 1969. С. 200.
14. *Van Dantzig D.* On the relation between geometry and physics and the concept of space-time // *Funfzig Jahre. Relativitätstheorie. Konferenz Bern, Basel.* 1955. Bd. 1. S. 569.
15. *Fokker A.D.* Ein invarianter Variationssatz für die Bewegung mehrerer elektrischer Massenteilchen // *Z. Phys.* 1929. Bd. 58. S. 386–393.
16. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // *Rev. Mod. Phys.* 1945. Vol. 17. P. 157–181.
17. *Грановский Я.И., Пантюшин А.А.* К релятивистской теории тяготения // Изв. АН Каз. ССР, сер. физ.-мат. 1965. № 2. С. 65–69.
18. *Hoyle F., Narlikar J.V.* Action at a distance in physics and cosmology. San Francisco: W.N. Freeman and Comp., 1974.
19. *Владимиров Ю.С.* Реляционная картина мира. Книга 1: Реляционная концепция геометрии и классической физики. М.: ЛЕНАНД, 2020.
20. *Bolokhov S.V., Klenitsky A.N.* On the construction of effective metrics in a relational model of space-time // *Gravitation and Cosmology.* 2013. Vol. 19. No 1. P. 35–41.
21. *Эддингтон А. (Eddington A.S.)* Fundamental theory. N.Y.: Cambridge Press, 1946.
22. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.

23. *Salam A., Strathdee J. On Kaluza-Klein theory // Ann. of phys. 1982. Vol. 141. P. 316–352.*
24. *Бабенко И.А. Магнитные поля астрофизических объектов в трех физических парадигмах // Метафизика. 2019. № 1 (31). С. 127–141.*

RELATIONAL LOOK ON THE PRINCIPLES OF THE GEOMETRIC PARADIGM

I.A. Babenko, Yu.S. Vladimirov

*Institute of Gravity and Cosmology, RUDN University
3, Ordzhonikidze St., Moscow, 115419, Russian Federation*

*Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation*

Abstract. The article compares the descriptions of gravitational and electromagnetic interactions in two physical and theoretical paradigms: geometric and relational. On the one hand, the general theory of relativity and the 5-dimensional geometric theory of Kaluza and, on the other hand, the relational theory of electro-gravity are compared. The comparison describes the parallel manifestations of all the “four miracles” of Salam in two physical and theoretical approaches. Based on the relational concepts, it is shown that three types of the considered interactions – electromagnetic, scalar and gravitational – in the theory of electrogravity have a derivative character from electromagnetism. The idea is expressed that in the twentieth century, physics could develop mainly within the framework of the relational paradigm.

Keywords: general theory of relativity, electrogravity, 5-dimensional Kaluza theory, direct interparticle interaction, electromagnetic, scalar and gravitational interactions, Mach principle.