

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Третьяковой Дарьи Алексеевны
*”Расширенные теории гравитации и возможности их
наблюдательной проверки в небесной механике и космологии”*,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальностям
01.03.01 – астрометрия и небесная механика,
01.04.02 – теоретическая физика

В диссертации Д.А. Третьяковой рассмотрен ряд так называемых расширенных теорий гравитации с точки зрения их соответствия современным наблюдательным данным в небесной механике, физике черных дыр, космологии.

Проблема построения теории гравитационного поля, которая была бы в состоянии описывать весь широкий спектр наблюдаемых сегодня гравитационных явлений от динамики тел внутри Солнечной системы, структуры и динамики различных компактных космических объектов и систем, до различных аспектов поведения Вселенной как целого на различных этапах ее эволюции, очевидно является фундаментальной и весьма актуальной задачей. При этом, важной частью этой задачи является анализ предложенных ранее теорий, представляющих собой различные обобщения Общей теории относительности Эйнштейна, а также поиск предсказаний этих теорий которые могли бы быть проверены на современном уровне точности наблюдений или в перспективе быстро растущих наблюдательных возможностей.

Несомненным положительным свойством изложенных в диссертации результатов является комплексный подход к изучению различных гравитационных теорий, при котором рассматриваются предсказания каждой теории, касающиеся гравитационных явлений разных масштабов и включающие как изучение свойств сферически-симметричных полей компактных источников и особенностей движения пробных тел в этих полях, так и динамику однородных и изотропных космологических моделей. Следствия этих теорий сравниваются как с соответствующими предсказаниями Общей теории относительности, так и с новыми, недавно открытыми явлениями, для которых Общая теория относительности не дает пока однозначного объяснения.

Во Введении (Глава 1) перечислены формальные параметры диссертации и кратко описаны ее структура и содержание. В Главе 2, также имеющей обзорный характер, дано краткое описание ряда известных моделей гравитации,

рассматриваемых в последующих главах. К ним относятся простейшая из "многомерных" моделей с некомпактными измерениями – модель Рендал-Сандрума, называемая также моделью "мира на бране", а также теория Бранса - Дикке и некоторые ее расширения, связанные с добавлением в действие космологической постоянной, потенциала для скалярного поля или с рассмотрением отрицательных значений константы связи со скалярным полем в уравнениях Эйнштейна. В этой же главе перечислены основные типы решений, на основе которых далее будет проводиться сопоставление предсказаний каждой из этих теорий с предсказаниями Общей теории относительности и с имеющимися наблюдательными данными. К таким решениям относятся сферически-симметричные решения для компактных источников (черные дыры, голые сингулярности, кротовые норы) и однородные и изотропные космологические модели.

В Главе 3 изучено движение пробных частиц во внешнем поле сферически-симметричной черной дыры в модели "мира на бране" Рендал и Сандрума. Показано, что наличие у этого объекта дополнительного параметра (по сравнению с черной дырой Шварцшильда в ОТО) – приливного заряда не ведет к какому-либо качественному изменению движения пробных частиц, меняя лишь количественно характерные параметры этого движения. Указано условие на величину приливного заряда, при котором вся картина движения пробных частиц в этой модели мало отличается от предсказаний ОТО.

В Главе 4 рассматриваются однородные и изотропные космологические решения в теории Бранса - Дикке с плоскими пространственными сечениями и добавленной в действие космологической постоянной. При этом основное внимание уделяется не рассматривавшемуся ранее случаю отрицательных значений константы связи со скалярным полем в уравнениях Эйнштейна. С одной стороны, этот случай ведет к физически трудно интерпретируемому нарушению условия энергодоминантности, однако, с другой он приводит к решениям, не обладающим начальной космологической сингулярностью, и позволяет строить интересные с геометрической точки зрения решения типа "кротовых нор" даже при достаточно больших по модулю значениях константы связи, т.е. не обязательно в режиме сверхсильных полей. Получены условия на константу связи необходимые для существования "кротовой норы" в этой модели, которые оказываются значительно более строгими, чем те, которые следуют из имеющихся сегодня наблюдательных данных.

В Главе 5 проведен разносторонний анализ сферически-симметричных решений в модели гравитации Бранса - Дикке с отрицательной константой связи и экспоненциальным потенциалом скалярного поля. Численно найдено решение, которое на малых расстояниях от центра симметрии описывает "кротовую

нору", а на больших расстояниях переходит асимптотически в решение де Ситтера. Показано, что необходимые для этого значения параметров теории оказываются допустимыми с точки зрения имеющихся наблюдательных данных.

В Заключение сформулированы выводы о том, что каждая из рассмотренных моделей гравитации при определенных, указанных в диссертации значениях ее параметров оказывается не противоречащей всему набору имеющихся сегодня наблюдательных данных для гравитационных явлений различных масштабов, но в пределах этих "допустимых" значений параметров может приводить к предсказаниям, существенным отличиям от предсказаний ОТО.

Таким образом, в диссертации рассматриваются весьма актуальные вопросы, касающиеся фундаментальной задачи выбора среди различных имеющихся и возникающих новых теорий гравитации такой теории, которая не только оказывалась бы согласована со всем набором получаемых наблюдательных данных, но и была бы наиболее адекватной самой физической природе гравитации. Постановка задачи и полученные в диссертации результаты имеют вполне очевидный научный интерес, являясь, однако, лишь весьма полезным шагом на пути решения упомянутой выше сложной фундаментальной задачи.

В отношении полученных автором результатов и характера их изложения в диссертации представляется полезным сделать несколько замечаний как чисто технического, так и более общего характера. В частности,

1) Было бы очень интересно рассмотрение хотя бы с той же степенью подробности более обширного списка из имеющихся сегодня различных альтернативных теорий гравитации.

2) Возможно, что дополнительная информация и ограничения на параметры теорий могут быть получены из рассмотрения волновых явлений, связанных прежде всего с электромагнитными волнами, их излучением и распространением в областях сильных гравитационных полей, линзированием в гравитационных полях, а на перспективу – возможно так же и связанных с гравитационно-волновыми явлениями.

3) Наличие у какой-то из рассматриваемых теорий нарушений каких-либо основополагающих принципов, как например, принципа причинности, принципа эквивалентности или других, к которым, возможно, следует отнести и условия энергодоминантности, хотя и может приводить к появлению в такой теории весьма интересных с физической или, хотя бы с геометрической точки зрения решений, требует тщательного рассмотрения других, возможно физически не приемлемых последствий таких допущений и, в конце концов, может служить исключаящим правилом отбора для таких теорий.

Приведем также несколько технических замечаний:

(1) Кубическое уравнение (3.44) для обратного радиуса круговых орбит имеет достаточно простую структуру и его решение может быть представлено в простом явном виде даже без использования более громоздких общих формул.

(2) При изучении движения частиц в поле компактных объектов в разных теориях кажется более предпочтительным сравнивать какие-либо легче наблюдаемые величины, например сечение захвата частиц или фотонов, а не начальное положение, с которого должна падать частица, имеющая заданную энергию.

В заключение представляется необходимым отметить, что в диссертации был получен ряд интересных результатов, полезных для дальнейшего развития теории гравитации, и что сделанные замечания не носят критического характера и не умаляют положительной оценки содержания полученных результатов, а скорее имеют характер пожеланий автору для дальнейшей работы.

Основные результаты диссертации своевременно опубликованы. Автореферат верно отражает содержание диссертации. Соответствующие статьи были опубликованы в ведущих российских и зарубежных научных журналах, а также докладывались на различных семинарах, российских и международных конференциях. По моему мнению, представленная диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Д.А. Третьякова несомненно заслуживает присвоения ей искомой ученой степени.

3 ноября 2015 года

Доктор физико-математических наук

Г.А. Алексеев