

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Физического института им. П. Н. Лебедева
Член-корреспондент РАН

Н. Н. Колачевский

ОТЗЫВ

ведущей организации на кандидатскую диссертацию Д. А. Третьяковой
«Расширенные теории гравитации и возможности их наблюдательной проверки в
небесной механике и космологии»

Несмотря на серьезный экспериментальный и наблюдательный материал, на котором базируется общая теория относительности (ОТО) и основанная на ней Стандартная Космологическая Модель (СКМ), последние приводят к ряду **актуальных** проблем, которые ждут своего решения. В СКМ это необходимость введения темной материи и темной энергии, которые иначе как в космологических и астрономических наблюдениях себя не проявляют (имеющиеся результаты по прямому детектированию темной материи в земных лабораториях на данный момент являются противоречивыми). В ОТО такой фундаментальной проблемой являются сингулярности, характерные для решений уравнений Эйнштейна. Эта проблема усугубляется тем, что сингулярности содержатся в том числе и в решениях, которые, по-видимому, реализуются в природе: в черных дырах, присутствующих, как считается, в центрах многих галактик, и в решении Фридмана, лежащем в основе СКМ. Указанные проблемы стимулируют интерес к альтернативным, или расширенным, теориям гравитации. Такие теории содержат дополнительные параметры и/или степени свободы и, в соответствии с принципом «бритвы Оккама» должны не только объяснять известные данные, но и предсказывать новые наблюдательные эффекты. Расчету таких эффектов в некоторых расширенных теориях гравитации и сравнению их величины с точностью современных астрономических и космологических наблюдений и посвящена диссертация Д. А. Третьяковой.

Диссертация состоит из шести Глав и списка литературы. Первая Глава представляет собой Введение, во второй Главе дан обзор теорий, рассматриваемых в Диссертации, и методов, используемых при сравнении решений расширенных теорий с наблюдениям. В третьей, четвертой и пятой Главах излагаются оригинальные результаты автора, а шестая Глава представляет собой Заключение.

В третьей Главе «Черные дыры в моделях с некомпактными дополнительными измерениями» исследуется решение типа «черная дыра» в модели Рэндал–Сандрума с одной браной, полученное Дадичем и соавторами (ссылка [2] из списка литературы). Формально данное решение получается из решения черной дыры Рейсснера–Нордстрема заменой квадрата электрического заряда на так называемый приливной заряд q , знак которого не фиксирован. Выведены уравнения геодезических в данной геометрии, проведен анализ их отличий от уравнений в случае Шварцшильда и показано, что орбиты пробных тел качественно не меняются. Приведено точное решение для чисто круговых и радиальных орбит. Сделан вывод, что в Солнечной системе количественные отличия между параметрами орбит в гравитационном поле с приливным зарядом и в поле Шварцшильда невозможно зарегистрировать при условии $|q| \ll (GM_{\odot}/c^2)^2$.

В четвертой Главе «Модель Бранса–Дикке с космологической постоянной» исследуются космологические решения теории Бранса–Дикке с космологической постоянной и отрицательным параметром Бранса–Дикке $\omega < 0$. В качестве начальных условий выбирается сегодняшний момент времени и соответствующие ему параметр Хаббла, плотность энергии и параметр ускорения. Найдено решение, которое при интегрировании в прошлое приводит не к сингулярности, а к «отскоку», состоянию с ненулевым минимальным значением масштабного фактора и конечной плотностью энергии. Утверждается, что данное решение позволяет сильно ограничить параметр теории, $|\omega| > 10^{40}$.

В пятой главе «Сферически симметричные решения в модели Бранса–Дикке с потенциалом» исследуются решения в модели с потенциалом, предложенным Элизалде с соавторами (ссылка [4] из списка литературы). Из сравнения с наблюдательными данными по ППН-параметрам дана оценка параметров модели и в свете этого показано, что кинетическая энергия в модели не может быть положительно определена. Также показано, что ошибки наблюдений в Солнечной системе на 6 порядков превосходят эффекты, к которым приводит некоторое частное решение модели (решение Агнесе–ЛаКамера). Для отрицательных значений параметра Бранса–Дикке, $\omega < 0$, численно получено сферически симметричное решение типа «кротовая нора». Показано, что для некоторых значений скалярного поля (дополнительного поля в модели Бранса–Дикке) это решение существенно ($\sim 50\%$) отличается от решения Шварцшильда.

Достоверность и обоснованность Диссертации обеспечивается применением проверенных теоретических методов и способов исследования решений в расширенных теориях гравитации.

Научная новизна результатов основана преимущественно на исследовании ранее не изученных областей параметров рассматриваемых теорий расширенной гравитации.

Практическая и научная ценность определяются тем, что результаты Диссертации могут быть использованы для оценки параметров наблюдений, в которых может быть найдено отличие расширенных теорий гравитаций от ОТО, а также как теоретический критерий оценки состоятельности других моделей расширенной гравитации.

Полнота представления результатов. Результаты Диссертации опубликованы в 4 рецензируемых журналах, входящих в список ВАК, в том числе в 3 высокорейтинговых международных журналах, а также в 2 трудах конференций и 3 тематических сборниках. Кроме того, результаты Диссертации вошли в изданный учебный курс по введению в ОТО.

Текст **Автореферата** полностью отражает содержание Диссертации.

Полученные результаты могут быть использованы в ИЯИ РАН, АКЦ ФИАН, ГАИШ МГУ, Институте астрономии РАН и Уральском федеральном университете.

Замечания к Диссертации:

Глава 3. Заявленная оценка приливного заряда в виде $|q| \ll (GM_{\odot}/c^2)^2$ не является реальным наблюдательным ограничением, так как не указан ни числовой коэффициент, ни порядок такой оценки: например, она может означать, что $|q| < 10^{-2}(GM_{\odot}/c^2)^2$ или, скажем, $|q| < 10^{-10}(GM_{\odot}/c^2)^2$. Чтобы такая оценка стала наблюдательным ограничением, необходимо было бы дать число так, как это сделано в цитируемой Табл. 2 на с. 44 (из нее, например, видно, что по данным прецессии земной орбиты $|q| < 0.003(GM_{\odot}/c^2)^2$). Следует отметить, что на оценки параметров теорий, приведенные в Главах 4 и 5 Диссертации, данное замечание не распространяется, так как они содержат порядок величины. Что касается ограничения на приливной заряд, то его можно назвать теоретической оценкой на дополнительный член в метрике, при которой он носит поправочный характер и в пределах оценочной точности (указание которой и было бы настоящим наблюдательным ограничением) не влияет на орбиты пробных тел.

Глава 4. В тексте четвертой Главы не приведен вывод ограничения $|\omega| > 10^{40}$. Если данная оценка верна, то это является выдающимся результатом, так как она на много порядков превосходит все имеющиеся оценки параметра ω (при этом надо иметь в виду, что в Диссертации эта оценка приведена для отрицательных значений параметра).

Глава 5. Действие (5.1) и выводимые из него уравнения (5.10) и (5.11) цитируются по работе [4] из списка литературы, в которой принята сигнатура $(-+++)$, причем параметр ω вводится так, что при $\omega > 0$ кинетическая энергия поля положительно определена. Однако, в частности, в уравнениях (5.15), (5.35), (5.45), (5.63) автор использует сигнатуру $(+---)$ и использует то же соглашение положительной определенности кинетической энергии при $\omega > 0$. Является ли это разночтение лишь путаницей в обозначениях или имеет какие-либо последствия, сказать трудно.

К менее значительным замечаниям можно отнести следующие:

- Некорректное употребление данного в сноске 4 на с. 23 определения экзотической материи. Сначала экзотическая материя определяется как «материя, плотность энергии [которой] в некоторой системе отсчета отрицательна», а ниже утверждается, что «подобная материя может обладать такими качествами, как отрицательная плотность энергии или отталкиваться, а не притягиваться вследствие гравитации». Первое из утверждений очевидно в силу данного автором определения, а во втором идет речь, по-видимому, о частичном нарушении сильного энергетического условия, которое может иметь место при сохранении слабого энергетического условия, подразумеваемого в определении автора.
- Отсутствие полноценных сведений об используемых обозначениях и общая несогласованность обозначений (Раздел 1.9 Главы 1 не содержит сведений об используемой сигнатуре и знаках определений тензоров Римана и Риччи). Например, уже упомянутая путаница с сигнатурами, вид действия (4.2), при котором его экстремали доставляют ему максимум, а не минимум, как в цитируемой работе [8] из списка литературы, а также снова разные сигнатуры в соседних Разделах 2.4.2 и 2.4.3 Главы 2.
- Многочисленные опечатки. Например, «греческие индексы пробегают значения *от 0 до 4*» (с. 19) или ссылка на отсутствующий Рисунок 3.3 (с. 48), которая должна отсылать к Рисункам 4 и 5.
- Некорректное английское название Журнала Теоретической и Экспериментальной Физики в относящейся к 2011 г. ссылке [6] списка литературы: в настоящее время журнал не имеет приставки “Soviet”. Также в ссылках [8-10] публикаций по теме диссертации (с. 11) отсутствует информация о редакторе/редакторах сборниках, в ссылках [8, 9] (там же) нет номера страницы, а в ссылке [10] (там же) отсутствует также название сборника. В

частности, это может создавать впечатление, что данные публикации являются монографиями, а не статьями в сборнике.

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Д. А. Третьяковой производит хорошее впечатление, а ее основные результаты опубликованы в ведущих международных журналах.

Заключение.

Диссертационная работа Дарьи Алексеевны Третьяковой представляет собой законченное научное исследование, выполненное на достаточно высоком научном уровне, и удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям. Ее содержание полностью соответствует специальностям 01.03.01 «Астрометрия и небесная механика» и 01.04.02 «Теоретическая физика». Из вышеизложенного следует, что ее автор Д. А. Третьякова вполне заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв заслушан и утвержден на семинаре Отдела теоретической астрофизики АКЦ ФИАН.

Старший научный сотрудник
Астрокосмического центра
Физического института им. П. Н. Лебедева
Российской Академии Наук (АКЦ ФИАН)
к.ф.-м.н. В. Н. Строков
Адрес: АКЦ ФИАН, ул. Профсоюзная, 84/32,
117997 г. Москва, Россия
Телефон: (495) 333 33 66
Электронный адрес: strokov@asc.rssi.ru

Подпись В. Н. Строкова удостоверяю

И. о. ученого секретаря
Физического института им. П. Н. Лебедева
Российской Академии Наук
к.ф.-м.н. М. М. Цвентух