

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Волковой Виктории Евгеньевны
на тему: «Космологические решения и их устойчивость в скалярно-тензорных теориях гравитации со старшими производными»
по специальности 01.04.02 — «теоретическая физика»

В связи с постоянным увеличением точности астрофизических наблюдений, а также накоплением новых массивов экспериментальных данных встаёт вопрос о дальнейшем развитии теории гравитации, соответственно, расширении общей теории относительности. Задачей становится создание теории, решающей проблему квантования гравитации, а также включающей проблемы тёмной материи и тёмной энергии. Причем предсказания этой теории должны соответствовать экспериментальным данным. Вводя в рассмотрение новые скалярные поля и рассматривая их взаимодействие с гравитацией, приходят к скалярно-тензорным теориям. Наиболее общим видом скалярно-тензорной теории с уравнениями поля второго порядка является теория Хорндески. Эта теория даёт интересные способы описания ускоренного расширения Вселенной (тёмная энергия) и движений в галактиках (тёмная материя). Естественно проверить предсказания этой теории в других ситуациях, например, для ранней Вселенной. И, так как диссертационная работа Виктории Евгеньевны Волковой и посвящена описанию ранней Вселенной в рамках теории Хорндески, это и определяет её актуальность.

В диссертации обсуждаются космологические решения без начальной сингулярности («отскок»), решения с генезисом. Отмечу, что решения с отскоком (решения, в которых масштабный фактор не достигает нуля в начальный момент времени, а разворачивается, «отскакивает» от нулевого значения) появляются уже при рассмотрении моделей Бранса-Дикке, и

вполне естественно их существование и развитие в рамках более общей теории. Важным направлением является исследование устойчивости обсуждаемых в диссертации космологических решений. В диссертации разобраны границы применимости двух методов вычисления квадратичного действия для возмущений. Поэтому положения диссертации, выносимые на защиту, а также другие её выводы, являются научно обоснованными и достоверными. Конечно, ещё до конца не решён вопрос, какая именно версия расширенной гравитации реализуется в природе, но в рамках обсуждаемой модели выводы диссертации представляют несомненный научный интерес. Далее, все предложенные в диссертации выводы и положения являются новыми, что подтверждается лежащими в ее основе научными публикациями и получены лично диссертантом в коллаборации с коллегами.

Диссертация основана на четырёх научных публикациях высокого уровня, причём три из них опубликованы в журналах «топ-25». Диссертация неоднократно докладывалась на международных конференциях и научных семинарах, включая семинар по гравитации и космологии памяти А.Л.Зельманова ГАИШ МГУ.

Вместе с тем, в диссертации имеется ряд недостатков.

Прежде всего, сужением подхода представляется использование теории Хорндески лишь в качестве математического базиса для исследования процессов в ранней Вселенной (например, аналогично Римановой геометрии для общей теории относительности). В то же время, теория Хорндески уже несколько лет активно обсуждается в качестве модели Вселенной для описания тёмной материи и тёмной энергии, и на эту теорию уже получен ряд существенных ограничений. Наиболее существенные из них исходят из данных слияния двух нейтронных звёзд, произошедшего недалеко (по астрономическим понятиям, конечно) 17 августа 2017 года, когда удалось зарегистрировать не только гравитационный сигнал (событие GW170817), но и электромагнитный, причём с разницей прихода в 1.7 секунды. Это событие наложило сильные ограничения на массу гравитона и лагранжиан теории

Хорндески (формула (20)), а именно: $G_{4,x}=0$ и $G_5=\text{const}$, а также на расширенные модели Хорндески. Об ограничениях на модели Хорндески из данных по GW170817 можно прочитать, например, в статьях **Phys.Rev.Lett.** **119, 251304 (2017)** или **Astrophys.J.** **851, L18 (2017)**. Это описание содержится также в обзорной работе Т. Kobayashi, «*Horndeski theory and beyond: a review*» // arXiv:gr-qc/1901.07183, на которую Виктория Евгеньевна ссылается в диссертации, ссылка [93]. Конечно, можно заметить, что реализации теории Хорндески в ранней Вселенной и в настоящее время не обязаны совпадать (но, тогда, какова эволюция модели?), но хотелось бы понять, насколько выводы диссертации устойчивы к тесту GW170817. Я понимаю, что большая часть статей диссертации была опубликована или принята в печать до широкой дискуссии о GW170817, но хоть какой-то комментарий об этом в диссертации стоило бы дать.

Теперь остановимся на мелких недостатках, перечислю их по ходу прочтения.

1. Стр. 21, после формулы (29), неясно, почему (и кем?) ожидается, что *в спектре возмущений будут только константные и падающие моды?*

2. В диссертации нет чёткого разделения обзорной и исследовательских частей, так что из диссертации не всегда ясно, что было до Виктории Евгеньевны, а что уже сделано ей.

3. Стр 28, новый предел: « $t \rightarrow 0\infty$ » ?

4. Стр.39, перед параграфом 1.4 «*скорость распространения меньше световой*». Насколько меньше и как это соотносится с ограничениями на массу гравитона? Возможно, массивные моды подавлены?

5. Стр.47, перед формулой (105), появляется новое слово «*отинтегрирование*» («*отинтегрирование связей*»). Я встречаю в письменных источниках это слово впервые. Может, лучше написать «*интегрирование уравнений связи*»?

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация написана очень хорошим

русским языком и отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности **01.04.02 — «теоретическая физика»** (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Волкова Виктория Евгеньевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — «теоретическая физика».

Официальный оппонент:

Учёная степень, учёное звание — доктор физ.-мат.наук,
ведущий научный сотрудник отдела релятивистской астрофизики
Государственного астрономического института имени П.К.Штернберга
ФГБОУ «МГУ имени М.В. Ломоносова»



/Алексеев Станислав Олегович/

24.04.2019

Контактные данные: тел.: +7-495-9395006, e-mail: alexeyev@sai.msu.ru

Специальность, по которой защищена диссертация: «01.04.02 – теоретическая физика»

Адрес места работы: 119234, Москва, Университетский проспект, д. 13,

Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга
ФГБОУ «МГУ имени М.В. Ломоносова».

Подпись ведущего научного сотрудника ГАИШ МГУ С.О. Алексеева удостоверяю:

Зав.канцелярией ГАИШ МГУ



/Л.Н.Новикова/

24.04.2019г.