

# ОТЗЫВ

## официального оппонента

### на диссертацию на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук Авдеева Никиты Алексеевича

на тему: « Инфляция в теориях модифицированной гравитации »

по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Космологическая инфляция является основной теорией, описывающей начальный этап эволюции Вселенной, и в настоящее время существует множество моделей, претендующих на её описание. Отсев нежизнеспособных теорий с помощью их проверки на современных наблюдательных данных является крайне важной задачей. Это позволяет сосредоточиться на наиболее перспективных кандидатах на роль инфляционной теории. Диссертационная работа Авдеева Н.А. посвящена исследованию космологической инфляции в рамках модифицированных теорий гравитации. В работе рассматриваются две ключевые модели: скалярно-тензорная теория с неминимальной кинетической связью и гибридная метрическая-Палатини гравитация.

Одним из самых значимых свойств скалярно-тензорной теории гравитации с неминимальной кинетической связью является её способность описывать инфляцию и переходы между различными космологическими фазами без необходимости в тонко настроенных потенциалах. Инфляция, обусловленная неминимальной кинетической связью, объясняет ранние стадии Вселенной с квазидеситтеровской эволюцией, что соответствует экспоненциальному расширению. Теория предлагает богатый спектр инфляционных решений, что также делает её крайне интересной для изучения.

Гибридная метрическая-Палатини гравитации – модель, возникшая из объединения метрического и Палатини подходов в классе  $f(R)$  моделей. В

настоящее время эта теория широко исследуется как в контексте инфляции, так и в контексте современного ускоренного расширения Вселенной.

Всё вышесказанное подчёркивает **актуальность** темы диссертации.

**Первая** глава представленной работы является вводной, где рассматриваются действия двух исследуемых моделей гравитации: скалярно-тензорной модели с неминимальной кинетической связью и гибридной метрической-Палатини гравитации. Описываются уравнения поля данных моделей.

Во **второй** главе рассматриваются предсказания скалярно-тензорной теории с положительной неминимальной кинетической связью и произвольным степенным потенциалом относительно спектра первичных возмущений. Автором показывается, что рассмотренная модель не соответствует современным наблюдательным данным Planck/Viser.

В **третьей** главе анализируются начальные условия, приводящие к различным инфляционным режимам в рамках скалярно-тензорной теории с отрицательной константой неминимальной кинетической связи при нулевом потенциале и степенном потенциале со степенью  $3/2$ . Показывается, что для достижения инфляции продолжительностью более 60 e-фолдов в случае нулевого потенциала требуются значительные начальные значения производной скалярного поля. В случае степенного потенциала исследуются области начальных значений, приводящие к различным инфляционным сценариям. К режиму конечной инфляции с более 60 e-фолдами в данном случае приводит достаточно большая область начальных значений скалярного поля и его производной.

**Четвертая** и **пятая** главы посвящены проверке гибридной метрической-Палатини гравитации на данных от двойных систем с пульсаром. В **четвертой** главе обсуждается производная орбитального периода в случае квазикруговых орбит, приводятся ограничения на параметры теории, получаемые в этом случае. Во второй половине главы автором получается аналитическое выражение для производной

орбитального периода в той же модели для орбит с ненулевым эксцентриситетом. В **пятой** главе получаются аналитические выражения для изменения долготы периастра и параметров задержки Шапиро. Проводится сравнение ограничений на свободные параметры теории в квазикруговых системах и системах с ненулевым эксцентриситетом и показываются более точные результаты в случае последних.

**Научная достоверность и новизна** работы подтверждаются высокой цитируемостью, уровнем публикаций и участием автора в значимых международных конференциях. **Степень обоснованности положений**, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается строгим соблюдением методологии подобных исследований и их согласием с результатами других авторов, работающих в данной области.

Следует отметить, что работа не лишена недостатков и у меня имеется ряд **замечаний**:

1. Третья глава называется «Инфляция в случае с  $\kappa < 0$ », и в первом предложении говорится, что в главе будет рассматриваться только этот случай, поскольку случай положительных  $\kappa$  рассматривался в предыдущей второй главе. Однако далее в тексте главы обсуждается как случай  $\kappa < 0$ , так и случай  $\kappa > 0$ . Например, на странице 36 рассматриваются значения  $\kappa = 1$  и  $\kappa = 10^{12}$ ; рассматривается значение параметра Хаббла  $H = 1/3 \sqrt{\kappa}$ , что предполагает положительность величины  $\kappa$ ; график на странице 37 приводится для значения  $\kappa = 100$ , и т.д. Здесь я вижу не полное соответствие заявленным целям.
2. Страница 6: В выражении для действия, заданном формулой (1.3), не указана размерность параметра неминимальной связи  $\kappa$ .
3. Страница 16: Не указано, какой набор функций  $G_a(\phi, X)$  в лагранжиане Хорндески приводит к действию (1.3).

4. Страница 17: В формуле (1.4) имеется неопределенный параметр  $\epsilon$ , который в дальнейшем нигде не появляется.
5. Страница 20: В тексте сказано следующее: «напишем уравнения поля (1.4) с учетом метрики Фридмана-Робертсона-Уокера», однако сама метрика не приведена, а также не указано, какая пространственная кривизна будет рассматриваться работе.
6. Страница 21: В формуле (2.7) потеряна существенная скобка.
7. Страница 22: В предложении, следующим после формулы (2.9), пустая библиографическая ссылка.
8. В Главе 2 (стр. 31) содержится ссылка на формулу (3.1) из третьей главы, а в Главе 4 (стр. 50) ссылка на формулу (5.39) из пятой главы. Принято ссылаться на уже упомянутые результаты, а не наоборот.
9. Кроме того, в тексте диссертационной работы встречается немало опечаток и других грамматических погрешностей, а также погрешностей в оформлении. Приведу несколько примеров:
  - страница 8: «являющихся» вместо «являющейся»;
  - страница 14: «ассимптотического» вместо «асимптотического»;
  - страница 15: «ефолдов» вместо «е-фолдов»;
  - страница 17: «and» вместо «и»;
  - страница 17: «с вспомогательным полем» вместо «со вспомогательным полем»;
  - страница 46: «принебрежем» вместо «пренебрежем»;
  - страница 12: Стилистическая ошибка: «в 4 печатных изданиях, 4 из которых...».

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (по физико-

математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Авдеев Никита Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

**Официальный оппонент:**

доктор физико-математических наук, доцент,  
заведующий кафедрой теории относительности и гравитации  
Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

**Сушков Сергей Владимирович**

Дата: 06.06.2024

Контактные данные:

тел.: , e-mail:

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 01.04.02 – Теоретическая физика

Адрес места работы:

420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 16а,

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,

Институт физики,

Тел.: +7(843)2337282; e-mail: [phys.dep@kpfu.ru](mailto:phys.dep@kpfu.ru)