

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Миронова Сергея Андреевича** «Особенности возмущений в конформной космологии и массивной гравитации», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика

Диссертационная работа Миронова С.А. посвящена одной из самых актуальных проблем современной космологии ранней Вселенной – построению и развитию моделей дофридмановских стадий эволюции, альтернативных стандартной инфляционной парадигме, а также развитию физико-теоретических методов анализа особенностей возмущений в модифицированных теориях гравитации. Современная космология ранней Вселенной стоит на прочном фундаменте физической теории и прецизионных астрономических наблюдений, которые однозначно указывают на наличие дофридмановских стадий эволюции. Именно на стадиях до Большого Взрыва происходила квантовая генерация первичных возмущений, впоследствии давших начало развитию структуры Вселенной. Фундаментальной проблемой остаётся поиск первичных тензорных возмущений метрики, которые должны проявляться как реликтовые гравитационные волны. Впечатляющий прогресс в этой области науки за последние десятилетия вызывает огромный интерес и требует дальнейшего развития физических моделей генерации возмущений и методов их проверки по данным имеющихся и планируемых космологических наблюдений. С другой стороны, после создания теории относительности А. Эйнштейна (ОТО), которая лежит в основе современных космологических моделей, не прекращаются теоретические попытки развития и модификации ОТО. Эти исследования стали особенно актуальными в начале 21 века после открытия ускоренного расширения Вселенной, которое может свидетельствовать о модификации теории гравитации на космологических масштабах. В частности, начиная с классических работ Фирца и Паули, рассматриваются расширения теории гравитации с массивным гравитоном, которые могут приводить к ускоренному расширению Вселенной. Однако теоретический анализ малых возмущений в этих теориях показывает, что наряду с желаемыми эффектами в теории возникает ряд патологий (духи, DVZ-скачки и т.д.), которые должны быть устранены в теории (например, за счёт отказа от Лоренц-инвариантности теории). Требуется развитие теоретических методов выявления таких патологий на уровне глобального анализа лагранжианов. Таким образом, тема диссертационной работы Миронова С.А. является **крайне актуальной как в области космологии ранней Вселенной, так и в области чистой теоретической физики**. Более конкретно, диссертант видит свою задачу в изучении особенностей возмущений в

альтернативной инфляции конформной космологии и развитию анализа свойств массивной гравитации.

Диссертация Миронова С.А. состоит из введения, четырёх глав, заключения, приложения и списка литературы. Объём диссертации – 113 стр., включая 16 рисунков и списка литературы из 141 наименований. Во введении автор описывает современную экспериментальную и теоретическую мотивацию изучения дофридмановских стадий развития Вселенной альтернативных модели инфляции и методов наблюдательной проверки этих гипотез, останавливается на проблеме изучения особенностей возмущений в модифицированных теориях гравитации, обосновывает актуальность и постановку задачи, описывает основные теоретические методы и подходы, используемые в работе, а также излагает содержание последующих глав диссертации.

Вторая глава посвящена изучению модели с конформным скатыванием. После описания основных положений модели (п. 2.1-2.4) автор исследует связь модели с конформным скатыванием с моделью генезиса с галилеоном и показывает идентичность свойств возмущений в обеих моделях (в частности, негауссовости) вплоть до первого нелинейного порядка. В разделе 2.5 проведено вычисление негауссовости возмущений в модели с конформным скатыванием (четырёхточечной корреляционной функции) и находятся её отличительные особенности, потенциально позволяет использовать расчёты автора для практического поиска негауссовости в флуктуациях реликтового излучения.

Глава 3 посвящена аналитическому и численному анализу псевдоконформной модели эволюции ранней Вселенной и вычислению спектра тензорных возмущений. Показано, что существующие ограничения на реликтовые гравитационные волны слабо ограничивают параметры этой модели.

В Главе 4 развивается метод анализа квадратичных теорий основанный на диагонализации кинетической матрицы и поиске её собственных значений. Показано, что метод позволяет эффективно выявлять патологии возмущений в квадратичных теориях. В разделе 4.2 этот метод применяется для анализа теории массивной гравитации с нарушенной Лоренц-инвариантностью и определяются области пространства параметров теории, свободные от патологий.

В Приложении исследована структура собственных значений кинетической матрицы в исследуемой в Главе 4 модели массивной гравитации. В заключении перечислены основные результаты работы.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Основные результаты диссертации Миронова С.А. **опубликованы** в 5 статьях в высокорейтинговых международных журналах, неоднократно докладывались лично автором на международных и всероссийских конференциях и семинарах.

К диссертационной работе Миронова С.А. следует сделать несколько небольших замечаний

1. Глава 2 начинается с представления свойств модели с конформным скатыванием. П. 2.1-2.2 являются дословным переводом статьи [28] (Либанов и Рубаков, 2010). Вместо этого желательно было бы просто пояснить физическую сущность работы и указать аспекты, которые будут развиваться далее в тексте диссертации. В п.2.4 желательно было бы с самого начала определить понятие галилеона и пояснить цель его введения в модель. На стр. 42 в подписи к Рис.2 перепутаны верхние и нижние графики.

2. В Главе 3 в подписи к Рис. 7 желательно было бы указать направление оси времени и прокомментировать положение выделенных моментов времени (t^* , t_L) на ней. На стр. 62 в формуле 169 молчаливо введена константа Эйлера.

3. В тексте встречаются жаргонные выражения (трехточка, четырехточка и т.п.) и опечатки. Фамилия Stueckelberg в русской транскрипции пишется как Штюкельберг.

Эти замечания носят в основном редакционный характер и не снижают высокую научную и практическую ценность диссертационной работы Миронова С.А. и могут быть учтены в дальнейшей работе.

Общее заключение. В диссертационной работе Миронова С.А. получены **новые важные результаты** в области теоретической физики и космологии – исследованы свойства скалярных возмущений в модели с конформным скатыванием, рассчитана их внутренняя негауссовость на уровне четырёхточечной корреляционной функции, которая может быть подвергнута экспериментальной проверке при анализе статистических свойств флуктуаций реликтового излучения, что является отличительной чертой модели конформного скатывания. Исследован новый режим классической эволюции в псевдоконформной модели эволюции ранней Вселенной и найдены спектры тензорных возмущений в этой модели. Разработан новый метод выявления патологий квадратичных теорий. Метод применен к анализу массивной гравитации с нарушенной Лоренц-инвариантностью.

Достоверность полученных результатов подтверждается непротиворечивостью параметров моделей с имеющимися данными астрономических наблюдений и многочисленных экспериментов в физике частиц, согласием результатов теоретических расчётов с независимым анализом других авторов, а также с высокой степенью апробации и международным признанием результатов (число ссылок на три работы по данным NASA ADS равно 40) .

Результаты диссертации могут быть **использованы** при интерпретации данных наблюдений флуктуаций реликтового излучения и при постановке новых экспериментов по поиску реликтовых гравитационных волн, а также в теоретических исследованиях специалистами по космологии и теоретической физике ОИЯИ, ЦЕРН, ИЯИ РАН, ИФВЭ РАН, ФИАН, АКЦ ФИАН, НИИЯФ и ГАИШ МГУ, САО РАН, ИТЭФ и других

отечественных и зарубежных институтов и лабораторий. Диссертационная работа Миронова С.А. **полностью отвечает** всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а сам автор, Миронов Сергей Андреевич, **безусловно заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук** по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Доктор физико—математических наук,
профессор

К.А.Постнов

Подпись д.ф.-м.н. проф. Постнова К.А. заверяю.

Директор ГАИШ МГУ
академик РАН

А.М.Черепашук

Постнов Константин Александрович

119992 г. Москва, Университетский просп., д. 13, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга при МГУ им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник, профессор. Тел. 8(495)9395006, pk@sai.msu.ru

Постнов Константин Александрович,

профессор физического факультета МГУ им М.В. Ломоносова,
доктор физ-мат наук - 01.03.02 (Астрофизика и радиоастрономия)

Основные публикации по теме защиты с 2009 г.:

1. Porayko N., Postnov K. Constraints on ultralight scalar dark matter from pulsar timing. *Physical Review D*, Volume 90, Issue 6, id.062008
2. Postnov, Konstantin A.; Yungelson, Lev R. The Evolution of Compact Binary Star Systems. *Living Reviews in Relativity*, vol. 17, no. 3 (2014)
3. Pshirkov, M. S.; Postnov, K. A. Radio precursors to neutron star binary mergings. *Astrophysics and Space Science*, Volume 330, Issue 1, pp.13-18 (2010)
4. Pshirkov, M. S.; Baskaran, D.; Postnov, K. A. Observing gravitational wave bursts in pulsar timing measurements. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 402, Issue 1, pp. 417-423 (2010)