

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности  
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский)  
федеральный университет»

д.т.-м.н., профессор



Д.К. Нургалиев

10 октября 2014 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Макаренко Андрея Николаевича  
«Космологические решения в модифицированных теориях гравитации»,  
представленную на соискание ученой степени доктора физико-  
математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика

### Актуальность темы

В последние годы в космологии произошло несколько открытий, которые потребовали расширения и углубления стандартной космологической модели. Установлено, что Вселенная расширяется ускоренно, причем уже достаточно долгое время, что подтверждается большим числом независимых наблюдательных данных. Кроме того, в настоящее время не осталось сомнений, что для описания поведения крупномасштабных гравитационных систем (например, галактик или скоплений галактик) необходимо предположить существование очень большого количества невидимого вещества. Все это привело к гипотезам о существовании таких объектов как темная материя и темная энергия. Однако их происхождение и связь с классической теорией поля остается непонятой. Существует несколько подходов, способных реалистически описывать

эволюцию Вселенной, и, вместе с тем, не требующих введения темных компонент. Одним из наиболее перспективных подходов является модифицированная теория гравитация. Данному подходу и посвящено диссертационное исследование Макаренко Андрея Николаевича. Тем самым актуальность данной работы не вызывает сомнений.

В работе построен ряд новых космологических решений реалистично описывающих эволюцию Вселенной в рамках различных модифицированных теорий гравитации, в том числе и впервые предложенных диссертантом.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объем работы – 266 страниц, список литературы включает 254 наименования.

Во *введении* сформулированы цели и задачи диссертации, обоснована их актуальность и новизна. Также сформулированы положения выносимые на защиту и приведены сведения об апробации диссертации и публикациях.

В *первой главе* построены космологические модели с несколькими эффективными космологическими постоянными, что позволяет получить поведение, характерное для  $\Lambda$ CDM моделей, которые, как известно, достаточно хорошо описывают как раннее ускоренное расширение, так и текущую эволюцию Вселенной. Это позволят добиться согласования подобных моделей с имеющимися наблюдательными данными. Также в первой главе подробно рассмотрены фантомные космологические модели, интерес к которым вызван тем фактом, что значение параметра уравнения состояния полученное с помощью наблюдательных данных из различных источников лежит именно в фантомной фазе. Однако погрешность не исключает возможность нахождения нашей Вселенной и в фазе квинтэссенции, и в де Ситтеровской фазе. Для фантомной космологии проведена реконструкция ряда моделей для  $F(R,G)$  гравитации и показано,

что для такого подхода также можно прийти к космологии, соответствующей текущему ускоренному расширению.

*Вторая глава* посвящена космологическим моделям, содержащим лагранжевы множители. Построен ряд новых моделей и показана их применимость для описания эволюции Вселенной на различных этапах. Модели такого типа могут возникать при точной подстройке различных космологических параметров. Кроме того, включение лагранжевых множителей в эффективное действие позволяет получить как уже известные модели, так и абсолютно новые.

В *третьей главе* рассматривается так называемая циклическая или «bounce» космология. Интерес к ней связан с тем, что в последние годы такие модели начали рассматривать как альтернативу инфляции, что позволяет избежать начальной сингулярности и получить модель достаточно хорошо согласующуюся с наблюдательными данными. Для циклической космологии была проведена реконструкция ряда интересных решений в  $F(R)$  и  $F(G)$  гравитациях. Показана устойчивость построенных моделей, а также показано, что данный подход может описывать как текущее ускоренное расширение, так и несколько различных фаз эволюции Вселенной.

В *четвертой главе* предложена новая модель гравитации Эддингтона-Борна-Инфельда в рамках подхода Паллатини. Отличие от ранее построенных моделей заключается в дополнительной функции от скалярной кривизны в действии. Это позволило получить ряд решений, не существующих в первоначальной теории. В рамках предложенного подхода была проведена реконструкция наиболее интересных космологических сценариев, описывающих различные режимы расширения Вселенной в отсутствии материи, за исключением космологической постоянной. При наличии материи проведен численный анализ и показано, что данный подход достаточно перспективен для космологии. Например, фаза раннего ускоренного расширения генерируется в данном подходе автоматически

(конечно, при определенном выборе параметров модели) и не требует введения космологической постоянной.

*Пятая глава* посвящена многомерным теориям гравитации. В основном исследованию подвергалась теория Лавлока во втором и третьем порядках. Построены космологические решения, описывающие ускоренное расширение основных измерений и сжатие дополнительных. Такое поведение позволяет говорить о возможной применимости данного подхода к описанию Вселенной, что достаточно важно с точки зрения теорий более высокого порядка, которые существуют в пространстве с размерностями выше чем четыре.

Последняя *шестая глава* посвящена теориям включающим спинорные поля. Здесь также построен ряд новых космологических решений, способных описывать Вселенную на различных этапах ее эволюции.

В *заключении* излагаются основные результаты, полученные автором в диссертации.

### **Научная и практическая значимость результатов исследований**

Применяемые в диссертации методы и подходы адекватны поставленным задачам и соответствуют современному состоянию исследований в области теоретической физики и космологии. Полученные результаты значимы, отличаются новизной и вносят существенный вклад в развитие современной космологии и теоретической физики. Полученные результаты и разработанные методы могут найти применение в исследованиях по космологии, теории гравитации, математической и теоретической физике, проводимых в различных научных и учебных заведениях.

### **Достоверность результатов диссертационной работы**

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректностью построения математических моделей, внутренней согласованностью и

согласием полученных в диссертации результатов с известными результатами, процитированными в диссертации.

### **Апробация**

По результатам работы опубликованы 27 статей, из них 23 статьи опубликованы в ведущих по данному научному направлению международных научных журналах, а 4 работы опубликованы в трудах российских и международных конференций. Содержание автореферата соответствует научным положениям диссертации и достаточно полно их отражает.

### **Замечания по диссертационной работе**

В качестве замечаний к работе следует отметить, что:

1. Можно было бы сделать более широкий обзор существующих в настоящий момент теорий гравитации и более детально обосновать выбор изучаемых в работе теорий. Частично это сделано во введении и вводной части каждой главы, но было более правильно сформулировать критерии выбора теорий в одном месте.
2. В шестой главе стоило бы остановиться на свойствах спинорных полей, физические аспекты которых не раскрыты. А это достаточно важно для понимания общей картины. Это касается и остальных разделов – хотелось бы более глубокого обсуждения физических аспектов предложенных автором моделей.
3. Некоторые предложенные модели, например, теория Лавлока в третьем порядке, не достаточно разработаны. Получено лишь несколько частных решений. Интересно было бы изучить весь спектр решений и исследовать их на устойчивость, что позволило бы отобрать наиболее перспективные решения.
4. В работе имеются неточности и опечатки.

Сделанные замечания не умаляют значения полученных результатов, и, скорее могут рассматриваться как рекомендации для дальнейших исследований.

### **Заключение**

Все изложенное выше дает основание считать, что диссертация Макаренко Андрея Николаевича «Космологические решения в модифицированных теориях гравитации» соответствует специальности 01.04.02 – Теоретическая физика и удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а диссертант заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02.

Отзыв ведущей организации основан на положительном заключении, полученном на заседании кафедры теории относительности и гравитации Института физики ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (протокол № 7 от 10 октября 2014 года).

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой теории  
относительности и гравитации,  
доктор физико-математических наук

Место работы: ФГАОУ ВПО «Казанский  
(Приволжский) федеральный университет»

Адрес: 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Тел.: 8(960)0326021

E-mail: sergey.sushkov@kpfu.ru

Сушков Сергей Владимирович



Специалист по УМР  
Института физики  
Маслова Екатерина Вячеславовна