

**Отзыв официального рецензента**  
**на работу Алтайбаевой Азизы Биболовны «Исследование геометродинамики некоторых топологических объектов и голографическая модель кротовой норы» представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика»**

**1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и государственными программами.**

На протяжении последних лет черные дыры интенсивно изучались в самых различных аспектах – от астрофизических приложений до теоретических построений в квантовой гравитации. Представление о черных дырах доказало свою плодотворность в теории гравитации, в данное время общепринято, что в центре каждой галактики находится массивная черная дыра, образованная после слияния множества других. В настоящее время единственный достоверный способ отличить черную дыру от объекта другого типа состоит в том, чтобы измерить массу и размеры объекта и сравнить его радиус с гравитационным радиусом – теория гравитационного линзирования.

В течение последнего столетия, так же особый интерес представляет дифференциальная геометрия, которая стала важным элементом теоретической физики. Один из самых интересных примеров этого факта применение римановой геометрии в общей теории относительности как теория гравитационного поля. Действительно, гравитацию понимаем как проявление кривизны Риманова пространства-времени, так что измерения кривизны эквивалентно измерению гравитационного взаимодействия.

Интерес к черным объектам обусловлен, в том числе, и относительной простотой получаемых уравнений и решений. Он позволяет проводить качественный анализ уравнений и находить достаточно ясную физическую интерпретацию получаемых результатов, исходя из аналогий в других областях физики. Таким образом, тема диссертации Алтайбаевой А.Б. соответствует тенденциям развития космологии на современном этапе.

Работа выполнялась в соответствии с планами научно-исследовательских работ по следующим проектам:

1) Государственная программа фундаментальных исследований. Проект: "Модифицированные теории гравитации и их применение в теории сверхпроводимости" (2012-2014 гг., рук. проекта - Р. Мырзакулов).

2) Государственная программа фундаментальных исследований. Проект: "Модифицированные космологические теории инфляции и темной энергии" (2015-2017 гг., рук. проекта - Ш.Р. Мырзақұл).

3) Программно-целевое финансирование. Программа: «Некоторые проблемы нелинейных теорий гравитационного и сильного взаимодействий, и их космологическое приложение» (2015-2017 гг., рук. программы - Р. Мырзакулов).

## 2. Научные результаты в рамках требования к диссертациям.

Диссертация выполнена под руководством научных консультантов, являющихся крупными специалистами в теории гравитации. В ней содержатся новые, научно обоснованные теоретические результаты, являющиеся итогом достижения основной цели и решения поставленных задач. Целью диссертации является исследование свойств нетривиальных топологически устойчивых объектов, таких как черные дыры, черные кольца, кротовые норы в современной космологии. Достижение цели проводилось следующими этапами.

### 1. Многомерные черные дыры Райсснера-Нордстрема и Керра.

Исследована термодинамика и геометрическая термодинамика различных черных дыр и выявлены условия, при которых происходят фазовые переходы второго рода многомерных статических черных дыр. Были построены зависимости термодинамических параметров на примере четырехмерных черных дыр Рейсснера-Нордстрема и пяти мерных черных дыр Керра. Показано, что равновесие многообразия вышеприведенных черных дыр в целом является искривленным и соответственно сингулярности кривизны появляются точно в тех местах, где происходят фазовые переходы второго рода. Также эти черные дыры исследованы с использованием тождества Эйлера. Показан эффект новых экстенсивных термодинамических параметров на геометрию термодинамического ансамбля равновесия.

### 2. Геометротермодинамика черных дыр Майера-Перри.

Была рассмотрена термодинамика и геометротермодинамика черных дыр Майера-Перри в пяти измерениях для трех случаев угловых моментов: когда один из угловых моментов равен нулю, когда эти два угловых момента равны между собой и когда оба угловых момента не зависят друг от друга. В случае, когда угловые моменты являются полностью независимыми друг от друга, то есть когда термодинамическая система является трехмерной, показано возникновение дополнительной сингулярности в скаляре кривизны. Кроме того, в случаях, когда присутствует только один угловой момент, либо два разных угловых момента являются равными, термодинамическая система является двумерной и здесь имеется полное согласие между расходимостью коэффициента восприимчивости и сингулярностью равновесного многообразия.

### 3. Геометротермодинамика малого и большого черных колец и фотонного газа.

Рассмотрена геометротермодинамика малого и большого черных колец и, используя метод геометрической термодинамики, было установлено существование фазового перехода второго рода в фотонном газе. Помимо области устойчивости черных колец выяснилось, что существуют множество особых точек, понимаемых как полюсы скаляра Риччи. При исследовании геометрии системы за пределами интервала стабильности показано, что фазовый переход из черной дыры к черному кольцу не является уникальным и может быть повторен несколько раз. Так же рассмотрен фотонный газ как частный случай черных объектов.

