

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктор философии» (PhD)  
по специальности «8D05307 – Физика и астрономия»

**ҚОНЫСБАЕВ ТАЛҒАР КҮНТУҒАНҰЛЫ**

### **ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ В РАЗНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СЦЕНАРИЯХ**

Диссертационная работа посвящена исследованию темной материи и темной энергии в разных геометрических сценариях.

#### **Актуальность темы**

На протяжении последних десятилетий неуклонно увеличивалось число подтверждений выдающегося результата в современной космологии, а точнее, существования космологической постоянной, которая характеризует текущее ускоренное расширение Вселенной. Несмотря на то, что для некоторых теоретиков, рассматривавших в то время взаимодействие между рядом различных типов наблюдений, это не стало неожиданностью, у большинства это вызвало эффект разорвавшейся бомбы. Вселенная не просто расширяется, она расширяется с ускорением. Ускоренное расширение Вселенной является одной из основных проблем современной теоретической физики и космологии. Согласно астрофизическим наблюдениям, темная энергия ( $\approx 69\%$ ) с отрицательным давлением обеспечивает нужное решение проблемы ускоренного расширения Вселенной. С другой стороны, согласно тем же наблюдениям, темная материя ( $\approx 26\%$ ) необходима для того, чтобы, к примеру, сформировались структуры, в которых кривые вращения галактик были плоскими. Простейшая модель в современной космологии известна как  $\Lambda$ CDM, где космологическая постоянная вместе с холодной темной материей составляет основную часть энергетического источника Вселенной, а динамика фона определяется согласно теории относительности. Эта модель может объяснить наблюдаемые данные, однако в этом случае возникает проблема космологической постоянной. Одна из первых попыток решения этой проблемы была связана с понятием динамической темной энергии: квинтэссенция, фантом, квинтом и различные голографические модели. Объяснить ускоренное расширение можно и с помощью так называемых темных жидкостей, например, газ Чаплыгина (и его модификации). Подход внедрения моделей темной энергии широко используется в современной космологии, тем не менее, различные модификации уравнений поля на лагранжевом уровне имеют более фундаментальный характер, где темная энергия возникает естественным образом. Другая важная тема в современной космологии - взаимодействие между

темными компонентами Вселенной. С одной стороны, наблюдения показывают возможность взаимодействия, с другой стороны, отсутствует фундаментальная теория, отвечающая на вопрос, почему взаимодействие должно существовать и как возникла эта связь. Наблюдаемое ускоренное расширение Вселенной не первая фаза ускоренного расширения в истории Вселенной. Всё же надо помнить, что физика и механизм инфляции в ранней Вселенной полностью отличаются от физики ускоренного расширения Вселенной.

Недавние космологические наблюдения сверхновых вспышек, данные зонда микроволновой анизотропии Уилкинсона (WMAP) и данные барионных акустических колебаний (BAO) предсказали, что современная Вселенная проходит через фазу ускоренного расширения, которое может подпитываться новым источником энергии, который называют темной энергией. В наблюдательной космологии скорость расширения  $H(z)$  измеряется при различных красных смещениях, которые полезны для получения различных космологических параметров, а именно, масштабного параметра и параметра замедления. Несмотря на то, что анализ наблюдательных данных дает нам удовлетворительное понимание космологической динамики, он не может дать полного понимания эволюции Вселенной. Следовательно, в последнее время для наблюдательного анализа рассматривается дополнительный вклад, а именно, космический рост неоднородных частей Вселенной для формирования ее структуры. Рост крупномасштабных структур, полученных из линейного возмущения плотности материи  $\delta(z) \equiv \frac{\delta\rho_m}{\rho_m}$  Вселенной, рассматривается как важный инструмент ограничения параметров космологической модели. Для описания эволюции плотности неоднородной энергии предпочтительнее параметризовать функцию роста  $f = \frac{d \ln \delta}{d \ln a}$  через показатель роста  $\gamma$ . Таким образом, изучение темной энергии для понимания ускоряющейся Вселенной в космологии важно, что может быть проанализировано с использованием наблюдаемых данных скорости расширения ( $H(z)$ ) и данных роста контраста плотности материи  $\delta(z)$  одновременно.

Парадигма согласования предполагает, соответствующая жидкости плотность  $\rho_{de}$  в форме космологической постоянной  $\Lambda$  с уравнением состояния  $\omega_{de} = \frac{p_{de}}{\rho_{de}} \equiv \omega_\Lambda = -1$  является отрицательной, чтобы уравновесить действие гравитации и ускорить Вселенную. Среди различных возможностей изучения конкурирующих моделей темной энергии можно было бы сформулировать своего рода термодинамическое ускорение, т. е. рассмотрение Вселенной в качестве термодинамической системы, где термодинамические соображения по всему ансамблю жидкости обеспечивают ускоренное расширение Вселенной,

приняв за основу единую жидкость, объединяющую темную энергию и темную материю. Эти модели пытаются объединить темный сектор, поскольку логотропная жидкость воспроизводит темную энергию и/или темную материю в предельных режимах по аналогии с газом Чаплыгина. Недавно был введен особый класс логотропных моделей в рамках уравнений Антона-Шмидта. Этот класс моделей похож на истинные логотропные парадигмы и может быть сопоставлен с модифицированными версиями газа Чаплыгина.

Исходя из перечисленных выше современных проблем космологии диссертационная работа: «**ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ В РАЗНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СЦЕНАРИЯХ**» посвящена исследованиям роли темной материи и темной энергии в формировании структур Вселенной и ее ускоренном расширении.

### **Цель работы**

Исследование логотропной и модифицированной логотропной модели, которые объясняют ускоренное расширение Вселенной через единую жидкость, объединяющую темную энергию с темной материей.

**Объектом исследования являются** логотропная модель с различными значениями параметра  $n$ , модифицированная логотропная модель, темная энергия, темная материя.

### **Предмет исследования**

Параметр Хаббла, уравнение состояния темной энергии, скорость звука, космологические параметры, фактор роста, индекс роста.

### **Методы исследования**

Аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений, нелинейный метод наименьших квадратов Левенберга-Марквардта, метод Байесовского анализа, метод анализа Акаике, дифференциальная геометрия, тензорный анализ, метод Монте-Карло, методы теории возмущения и методы последовательного приближения.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- 1 Анализ и сравнение космологических моделей;
- 2 Нахождение значений космологических параметров темной энергии, темной материи, барионной материи во Вселенной для логотропных моделей;
- 3 Для каждой модели исследуются общее уравнение состояния темной материи и темной энергии, функция космического роста и отношение потока плотности к масштабному фактору в сравнении с наблюдательными данными из разных каталогов;

### **Новизна работы**

Новизна и оригинальность диссертационной работы заключаются в том, что в ней **впервые**:

- 1 На основе информационных критериев Акаике и Байеса определены наилучшая и наихудшая логотропные космологические модели.

2 Для логотропных (логотропная и модифицированная) моделей найдены значения космологических параметров темной энергии, темной материи и барионной материи во Вселенной.

3 Найдены зависимости общего параметра состояния темной материи и темной энергии, фактора роста и возмущения плотности от масштабного фактора Вселенной.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1) Логотропное уравнение состояния темной материи и темной энергии наилучшим образом согласуется с данными космологических наблюдений, такими как функция роста, вспышки сверхновых, наблюдения Хаббла, среднеквадратичные значения флуктуаций массы по информационным критериям Акаике и Байеса при  $n = 0$ .

2) Параметр  $n$  логотропных моделей связан со значениями космологических параметров для темной энергии  $\Omega_{de}$  и темной материи  $\Omega_m$ : 1) при свободном параметре  $n$  из наблюдений получено  $n = 0,004$  и соответственно  $\Omega_{de} = 0,692$ ,  $\Omega_m = 0,308$ . 2) при  $n = -1$ , получено  $\Omega_{de} = 0,490$ ,  $\Omega_m = 0,510$ . 3) при  $n = 0$ , получено  $\Omega_{de} = 0,709$ ,  $\Omega_m = 0,291$ . 4) А для модифицированной логотропной модели при  $n = 0$ , с учетом космологического параметра  $\Omega_b$  получено  $\Omega_{de} = 0,709$ ,  $\Omega_{cdm} = 0,269$ ,  $\Omega_b = 0,022$ .

3) Увеличение масштабного фактора приводит к уменьшению общего параметра состояния темной материи и темной энергии, фактора роста и отношения возмущения плотности к масштабному фактору для всех логотропных космологических моделей, за исключением  $n = -1$ .

### **Теоретическая и практическая значимость исследования.**

Результаты, полученные в данной диссертации, могут быть использованы для разработки аналогичной для разработки аналоговой (может «для анализа аналогичной» или «для рассмотрения аналогичной») системы, позволяющей изучать физику крупномасштабной структуры Вселенной. Рассмотренные логотропные модели могут быть использованы для объяснения ускоренного расширения Вселенной. Они также представляют ценность для развития релятивистской астрофизики, космологии, физики элементарных частиц и могут быть использованы в преподавании в ВУЗах для специальности «Физика и Астрономия».

**Достоверность и обоснованность полученных результатов** прежде всего определяется тем, что они хорошо согласуются с существующими наблюдательными данными. Кроме того, полученные результаты дополняют известные оптические и кинематические свойства темной материи. Помимо этого, достоверность и обоснованность результатов подтверждаются наличием публикаций в журналах дальнего зарубежья с высоким импакт-фактором и в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики

Казахстан (КОКСМНВО РК), и в трудах международных научных конференций ближнего и дальнего зарубежья.

**Личный вклад автора** заключается в том, что весь объем диссертационной работы, выбор метода исследования и численные расчеты выполнены автором самостоятельно. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научными руководителями.

#### **Публикации**

По материалам диссертационной работы опубликовано 17 печатных работ: 2 в журналах из Перечня КОКСМНВО РК для опубликования основных результатов диссертации на соискание ученой степени PhD, 8 в журналах дальнего зарубежья с импакт-фактором, входящих в международный информационный ресурс Web of Science (Clarivate Analytics) и Scopus; 7 работ в материалах Международных научных конференций.

#### **Апробация диссертационной работы**

Результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались:

- на Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Элемі» (2020, 2021, 2022 Алматы, Казахстан);
- на Международной научной онлайн конференции Sixteenth Marcel Grossmann Meeting, Рим, Италия, 07.07.2021г.;
- на Казахско-узбекском семинаре по теме: «Ограничение первичных черных дыр как доли темной материи через светимость аккреционного диска» (13.05.2022 г.).

**Диссертационная работа** частично выполнена в рамках проекта молодых ученых 2020-2022гг. (КМУ), финансируемого из государственного бюджета. Тема проекта: "Астрофизические следствия звезд белых карликов" и ИРН: AP08052311

#### **Объем и структура диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, 3 разделов, заключения и списка использованных источников из 168 наименований, содержит 110 страниц основного компьютерного текста, включая 44 рисунков, 182 формул и 5 таблиц.