

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ "ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ.
П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК" (ФИАН) ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25 мая 2022 года № 1

О присуждении Ткачеву Максиму Вячеславовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико – математических наук

Диссертация “Моделирование наблюдательных проявлений темной материи” по специальности 01.03.02 “астрофизика и звездная астрономия” принята к защите 10 марта 2022 г., протокол №2242, диссертационным советом Д002.023.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки “Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук”, 119991, Москва, Ленинский проспект, дом 53, ФИАН, приказ № 105/нк от 11.04.2012 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель Ткачев Максим Вячеславович, 1988 года рождения, в 2012 году окончил Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова с присвоением квалификации “Астроном” по специальности “астрономия”, а в период с 1 ноября 2014 г. по 31 октября 2018 г. обучался в очной аспирантуре Физического института им. П.Н. Лебедева РАН по направлению “Физика и астрономия”. Справка о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия) выдана 20.05.2021 в ФГБУН “Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН”. В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН.

Диссертация выполнена в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН. Научный руководитель – к.ф.-м.н. Пилипенко Сергей Владимирович, старший научный сотрудник АКЦ ФИАН.

Официальные оппоненты:

Баушев Антон Николаевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ), г. Дубна;

Белоцкий Константин Михайлович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (НИЯУ МИФИ), г. Москва; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ), Университетский проспект, 13, г. Москва, в своем положительном отзыве, подготовленном кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником отдела внегалактической астрономии ГАИШ МГУ А.С. Сабуровой, подписанным председателем Координационного совета по астрофизике ГАИШ МГУ д.ф.-м.н. А.С. Гусевым, директором ГАИШ МГУ д.ф.-м.н. К.А. Постновым и утвержденным проректором МГУ им. М.В.Ломоносова д.ф.-м.н., проф. А.А. Федяниным, указала, что диссертация соответствует всем требованиям “Положения о порядке присуждения ученых степеней”, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Ткачев Максим Вячеславович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследований, высокой компетентностью, профессиональными должностными обязанностями и наличием публикаций оппонентов и сотрудников ведущей организации по вопросам диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы М.В. Ткачева изложены в 3 научных публикациях в рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией. Содержание диссертационной работы М.В. Ткачева изложено доступно, корректно и полно. В работах представлены основные положения диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. В главных работах вклад соискателя является основным или равным вкладу соавторов.

Наиболее значительные работы соискателя по теме диссертации, опубликованы в рецензируемых изданиях:

Ткачев М.В., Пилипенко С.В., Карлеси Э. “Моделирование гало темной материи: проверка энтропийного подхода к проблеме каспов”, *Астрономический журнал*, т. 96, № 5, стр 374-379, 2019.

С. В. Пилипенко, М. В. Ткачев, А. А. Ермаш, Т. И. Ларченкова, Е. В. Михеева, В. Н. Лукаш, “Модель инфракрасного фона неба, созданного далекими галактиками”, *Письма в Астрономический Журнал*, т. 43, № 10, стр.715-726, 2017.

Tkachev M. V., Pilipenko S. V., Yepes G., "Dark matter simulations with primordial black holes in the early Universe", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, т. 499, № 4. стр. 4854-4862, 2020.

На диссертацию поступили положительные отзывы официальных оппонентов и ведущей организации.

В отзыве **оппонента д.ф.-м.н. Баушева А.Н.** дан краткий обзор содержания работы и сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченное научное исследование, посвященное моделированию различных наблюдательных проявлений темной материи. Указано, что полученные результаты являются новыми и оригинальными. В отзыве сформулирован ряд замечаний. Основное замечание заключается в том, что «энтропийный подход» к формированию темных гало, рассматриваемый в первой главе диссертации, может быть неприменим, и этот вопрос требует более пристального внимания. Также указано, что не рассмотрен физический механизм образования тесных пар из первичных черных дыр, что позволило бы выполнить аналитические оценки и сравнить их с численными результатами. Имеется несколько замечаний о неточности формулировок. Несмотря на замечания, в отзыве дана высокая оценка диссертационной работы, отмечена актуальность темы, достоверность и обоснованность основных выводов. Указано, что работа является завершенной в плане проверки применимости энтропийного подхода к формированию гало из темной материи, разработки методов построения тестовых карт неба в ИК-диапазоне, рассмотрения гипотезы о том, что часть событий, наблюдаемых обсерваторией LIGO, порождаются слияниями первичных черных дыр звездных масс.

В отзыве **оппонента к.ф.-м.н. Белоцкого К.М.** подчеркивается, что проблема поиска эффектов скрытой массы Вселенной, рассмотренная в диссертации, относится к важнейшим задачам современной астрофизики. Отмечена ценность результата по проверке предложенного ранее энтропийного подхода к описанию формирования профиля плотности гало галактик. Отмечена также практическая значимость оценки фона для поиска сигналов в инфракрасном диапазоне, в том числе от скрытой массы на будущих астрофизических экспериментальных комплексах. Высказано несколько замечаний. Основное замечание заключается в том, что не совсем понятна мотивация применения «энтропийного подхода» к описанию формирования гало скрытой массы. Также при исследовании эволюции пар первичных черных дыр не учитываются динамические эффекты скрытой массы в их образовании, разрушении и слиянии. Есть небольшие замечания редакционного характера.

В отзыве **ведущей организации ГАИШ МГУ** анализируется содержание работы, дается обоснование актуальности выбранной темы исследования. В отзыве делается заключение о том, что диссертация представляет собой значительный вклад во внегалактическую астрономию, в том числе, может быть использована для предсказания возможностей новых ИК телескопов. Отмечена

значимость проведенного численного расчета образования гало темной материи при помощи инструментов космологического численного моделирования, а также модификация общедоступного кода GADGET-2, что позволило оценить фоновую энтропию гало. Также отмечена важность и значимость разработанной диссертантом модели гравитационного линзирования галактик и предложенной модели для учета излучения гравитационных волн в тесных парах первичных черных дыр. Содержащиеся в отзыве замечания касаются, в основном неточности некоторых формулировок и стилистических погрешностей текста. Сделано замечание об отсутствии объяснения расхождения результатов расчета фоновой энтропии и расчетов для модели Местной группы галактик. Также указано, что недостаточно хорошо проиллюстрировано соответствие модели спектра мощности пространственной анизотропии ИК-фона неба, разработанной в диссертационной работе, и наблюдений на телескопе Herschel.

Во всех отзывах оппонентов и ведущей организации отмечается, что высказанные замечания никак не влияют на значимость и высокую оценку диссертационной работы Ткачева М.В., а соискатель, безусловно, заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия».

Соискатель представил полные ответы на все высказанные в отзывах замечания.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Изучен метод описания образования и эволюции гало темной материи с помощью фазовой плотности и развита идея “энтропийной модели”.

Разработан метод, позволяющий измерить фазовую плотность темного гало в численных моделях и сравнить ее с предсказаниями теории.

Построена модель фона, созданного далекими галактиками, излучающими в дальнем инфракрасном диапазоне. Модель воспроизводит двумерный спектр мощности карт ИК-фона, измеренный космической обсерваторией Herschel.

На основе численных моделей образования гало **оценена** степень согласованности предсказания модели ИК-фона с существующими данными о подсчетах источников.

Проведен анализ процессов образования и разрушения гравитационно-связанных пар первичных черных дыр при взаимодействии большого числа первичных черных дыр, а также слияния как связанных, так и несвязанных пар и оценена вероятность таких событий.

Изучено влияние численных эффектов моделирования на результат и **определен** основной фактор разрушения гравитационно-связанных пар первичных черных дыр.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Был разработан оригинальный способ оценки фоновой энтропии и оценено ее влияние на формирование внутренней структуры гало темной материи. Впервые было показано, что касп в гало возникает из областей начального распределения материи, имеющих энтропию на порядок ниже, чем в среднем по Вселенной.

Разработанная полуаналитическая модель ИК-фона неба может быть использована для определения предела путаницы для будущих космических телескопов дальнего ИК-диапазона 10-метрового класса, а также для сравнения кластеризации пиков интенсивности фона с реальной крупномасштабной структурой.

Полученные оценки темпов формирования, слияния и разрушения пар первичных черных дыр, учитывающие взаимодействие с другими первичными черными дырами и образовавшимися из них структурами, несомненно окажутся полезными для дальнейших исследований в этой области.

Оценка достоверности результатов исследования:

Достоверность результатов, полученных в настоящей работе, обеспечивается использованием при разработке надежных численных методов, успешной апробацией на российских и зарубежных конференциях, а также публикациями в ведущих научных изданиях по исследуемой тематике. Все результаты получили признание в научной литературе.

Личный вклад соискателя состоит в разработке методов численных расчетов, интерпретации полученных результатов, формулировке выводов и подготовке текста публикаций.

На заседании 25 мая 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Ткачеву Максиму Вячеславовичу ученую степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 15 докторов наук и 1 кандидат наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за – 16,
против – 0,
недействительных бюллетеней – 0.

Зам. председателя
диссертационного совета, член-корр. РАН

Ковалев Ю.Ю.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.ф.-м.н.

Шахворостова Н.Н.

25 мая 2022 г.