

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.032.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА АСТРОНОМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 25 марта 2025 г. № 35 о присуждении
Кондратьеву Илье Алексеевичу, Российская Федерация,
ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Магниторотационные процессы в коллапсирующих сверхновых» по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия принята к защите 20 января 2025г., протокол №34, диссертационным советом 24.1.032.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования, 119017 Москва, ул. Пятницкая, д.48, состав совета утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1731/нк от 13 декабря 2022г., частичные изменения состава внесены приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 846/нк от 20.04.2023.

Соискатель Кондратьев Илья Алексеевич, 1995 года рождения, в 2019 году окончил магистратуру ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика. В 2023 году окончил аспирантуру ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. В настоящее время работает инженером в отделе теоретической

и прикладной астрономии и радиоинтерферометрии ФГБУН Института космических исследований РАН.

Диссертация выполнена в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Министерство науки и высшего образования, и ФГБУН Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), Министерство науки и высшего образования.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Моисеенко Сергей Григорьевич, заведующий отделом теоретической и прикладной астрономии и радиоинтерферометрии ИКИ РАН.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования и компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертации. Компетентность подтверждается публикациями по схожей тематике оппонентов и сотрудников ведущей организации.

Официальные оппоненты:

д.ф.-м.н., с.н.с. Колдоба Александр Васильевич, заведующий кафедрой моделирования и технологий разработки нефтяных месторождений ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»;

д.ф.-м.н., доцент Ламзин Сергей Анатольевич, ведущий научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга МГУ М.В. Ломоносова

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, – в своем положительном отзыве, составленном главным научным сотрудником лаборатории физики плазмы и астрофизики НИЦ «Курчатовский институт» д.ф.-м.н. Блинниковым Сергеем Ивановичем, заслушанном на Тематическом семинаре «Экспериментальная физика высоких энергий, физика ускорителей заряженных частиц и физико-химические исследования материалов» Курчатовского комплекса теоретической и экспериментальной

физики (ККТЭФ), обсужденном на заседании лаборатории физики плазмы и астрофизики НИЦ «Курчатовский институт»-ККТЭФ и утвержденном директором НИЦ «Курчатовский институт» д.ф.-м.н. Дьяковой Юлией Алексеевной, указала, что диссертационная работа Кондратьева Ильи Алексеевича вносит важный вклад в две области астрофизики: решение проблемы моделирования замагниченных нейтронных звезд и выяснение природы наблюдаемых больших скоростей движения некоторых нейтронных звезд. Диссертация является законченным научным исследованием и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Кондратьев Илья Алексеевич, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Соискатель имеет 15 печатных научных работ. По теме диссертации опубликованы 7 работ в рецензируемых научных изданиях, все вышли в изданиях, рекомендованных ВАК, и входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования (WoS и/или Scopus). Из 7 работ 5 опубликованы в журналах категории К1, 2 статьи – в журналах категории К3. Основные результаты диссертации, выносимые на защиту, в этих работах изложены полностью. Случаев заимствования материала без ссылки на автора не выявлено.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. И.А. Кондратьев, С.Г. Моисеенко, Г.С. Бисноватый-Коган, М.В. Глушихина. 3D моделирование анизотропной теплопроводности во внешних слоях замагниченных нейтронных звезд // **Астрономический журнал**. – 2020. – Т. 97, № 3. – С. 206–224.

2. I.A. Kondratyev, S.G. Moiseenko, G.S. Bisnovaty-Kogan, M.V. Glushikhina. Three-dimensional heat transfer effects in external layers of a magnetized neutron star // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**. – 2020. – Vol. 497, no. 3. – P. 2883–2892.

3. I.A. Kondratyev, S. G. Moiseenko. A Semi-Implicit Numerical Method for Differentially Rotating Compressible Flows // **Lobachevskii Journal of Mathematics**. – 2023. – Vol. 44, no. 1. – P. 44–56.

4. I.A. Kondratyev, S.G. Moiseenko, G.S. Bisnovatyi-Kogan. Magnetorotational Supernova Explosions: Jets and Mirror Symmetry Violation // **Lobachevskii Journal of Mathematics**. – 2024. – Vol. 45, no. 1. – P. 50–59.

5. I.A. Kondratyev, S.G. Moiseenko, G.S. Bisnovatyi-Kogan. Magnetorotational Neutron Star Kicks // **Physical Review D**. – 2024. – Vol. 110, no. 8. – id.083025, 16 pp.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертация посвящена изучению влияния магнитного поля на остывание одиночных нейтронных звезд и исследованию магниторотационного механизма взрыва сверхновых.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработан пакет программ, направленных на исследование распространения тепла во внешних слоях нейтронных звезд и моделирование синтетических кривых блеска.
- Проведены расчеты теплопроводности во внешних слоях замагниченной нейтронной звезды. Показано, что включение даже слабого несоосного к дипольному квадрупольного магнитного поля может привести к существенному росту пульсаций и искривлению наблюдаемых пиков кривой блеска по сравнению с чисто дипольным случаем.
- Разработано программное обеспечение, предназначенное для изучения магнитогидродинамических течений, с использованием подвижности сетки в криволинейной геометрии для уравнения состояния общего вида, самогравитации и учета нейтринных потерь.
- Впервые проведено систематическое изучение возможности возникновения больших скоростей отдачи протонейтронных звезд в рамках магниторотационной модели взрывов сверхновых при различных вариантах возникновения асимметрии магнитного поля. Показано, что протонейтронная звезда при магниторотационном взрыве сверхновой может приобрести линейную скорость до 500 км/с.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии теории взрывов сверхновых и решении актуальных вопросов физики замагниченных нейтронных звезд.

Практическое значение заключается в том, что результаты расчетов могут быть использованы для интерпретации наблюдательных проявлений процесса теплопереноса и объяснения существования быстролетающих нейтронных звезд. Разработанное программное обеспечение применимо для исследования трехмерных астрофизических МГД-течений. Оно позволяет эффективно моделировать течения с дифференциальным вращением, как, например, в аккреционных дисках и магниторотационных сверхновых.

Достоверность результатов подтверждается использованием хорошо разработанных и апробированных численных методов и сравнением полученных результатов с результатами других авторов, а также согласием результатов с имеющимися наблюдательными данными по сверхновым с коллапсирующим ядром и остывающим замагниченным нейтронным звездам.

Личный вклад соискателя: Соискатель в равной степени с соавторами участвовал в постановке задач, выборе численных методик и интерпретации результатов моделирования. Лично автором разработано все программное обеспечение, используемое в работе, и выполнены все численные и аналитические расчеты.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания, на которые соискатель дал ответы:

Замечание: Алгоритм, использующий раздельное азимутальное движение колец сеточных элементов, описан недостаточно подробно. После выполнения одного шага по времени сеточные элементы соседних колец должны совместиться? Или такое условие не накладывается? Как выглядит в этом случае решение (приближенное) задачи Римана?

Ответ: После выполнения шага по времени сеточные элементы соседних колец не обязаны совмещаться, и индексы соседей для ячейки могут меняться. В коде реализована простая процедура перестройки сетки, в которой после каждого шага по времени рассчитывается смещение сетки для каждого «кольца», после чего перезаписываются индексы соседей. Далее

рассчитывается площадь перекрытия ячеек по азимутальному направлению, необходимая для построения метода конечного объема. Нахождение потока в подвижной системе отсчета основано на «транспортной теореме Рейнольдса» (Остроградского-Гаусса) для движущегося в пространстве элемента объема, через поверхность которого ищется поток консервативных величин. Для нахождения решения задачи Римана нужно перейти в систему, где подвижная грань покоится, если решение ищется вдоль оси x , найти состояние среды, вернуться в лабораторную систему и построить по найденному состоянию среды итоговое выражение для потока.

Замечание: На графиках, показывающих зависимости энергии взрыва и скорости нейтронных звезд от времени видно, что к моменту окончания расчетов рост этих величин далек от насыщения. Однако этот вопрос в тексте не обсуждается. Было бы правильно написать о причине остановки расчётов до насыщения и/или о том, как оценить итоговые значения этих важнейших величин.

Ответ: Это сделано в виду ограничений модели: на очень развитых стадиях взрыва Альфвеновская скорость в выбросах становится релятивистской, и нерелятивистские МГД уравнения становятся неприменимыми, а в некоторых случаях это дополнительно приводит к падению допустимого шага по времени из-за магнитного условия Куранта. Во-вторых, основной целью работы было выяснить, возможно ли при магниторотационном взрыве с нарушенной зеркальной симметрией получить скорости протонейтронных звезд, близкие к наблюдаемым.

Замечание: При описании выражения для коэффициента теплопроводности каппа автор рассматривает два возможных подхода к его вычислению, отметив, что оба подхода являются приближенными. Хотелось бы увидеть, насколько сильно отличаются сами значения каппа при разных подходах.

Ответ: Отношение коэффициентов в разных подходах составляет 5:2 (в одном случае зануляется электрический ток, в другом – не учитывается диффузионный термоэффект). Мы пренебрегли термоэффектом.

На заседании 25 марта 2025 г. диссертационный совет постановил:
за решение научной задачи, имеющей значение для развития
естественных наук, присудить Кондратьеву И.А. ученую степень
кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в
количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 1.3.1.
Физика космоса, астрономия, участвовавших в заседании, из 23 человек,
входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0,
недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного
совета 24.1.032.01, д.ф.-м.н.

Бисикало Дмитрий
Валерьевич

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

Чупина Наталия
Викторовна



25.03.2025