

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ФТИ 34.01.04
при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии
наук

по диссертации
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 18.12.2024 г. № 5

О присуждении Бадмаеву Данру Владимировичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-
математических наук.

Диссертация «Нетепловые процессы при столкновении ветров массивных звезд и остатков сверхновых» в виде рукописи по специальности 1.3.1 – «физика космоса, астрономия» принята к защите 17 октября 2024 г., протокол № 3 п.1, диссертационным советом ФТИ 34.01.04 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, расположенном по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 26. Диссертационный совет утвержден приказом директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 75 прил. 4 от 12 июля 2019 г., приказом директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе от № 42 от 25.02.2022 г. об изменении состава диссертационного совета ФТИ 34.01.04 и приказом директора ФТИ им. А.Ф. Иоффе № 160 от 21.12.2021 г. о внесении изменений в шифры специальностей диссертационных советов.

Соискатель Бадмаев Данр Владимирович, 05 ноября 1996 г.р., в 2020 году окончил с отличием магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» по специальности 03.04.02 «Физика», и в том же году поступил в аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук по специальности 03.06.01 – «Физика и астрономия», которую окончил в 2024 г. В настоящее время Д.В. Бадмаев работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории Астрофизики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории астрофизики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Научный руководитель — Быков Андрей Михайлович, доктор физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий отделением Физики плазмы, атомной физики и астрофизики в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Догель Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН», дал положительный отзыв на диссертацию, содержащий два замечания.

2. Петросян Араке́л Саркисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором динамики атмосфер и климата Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт космических исследований Российской академии наук», дал положительный отзыв на диссертацию, содержащий одно замечание.

Оппоненты в отзывах указали, что диссертация «Нетепловые процессы при столкновении ветров массивных звезд и остатков сверхновых» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Положением о присуждении ученых степеней ФГБУН Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерных исследований Российской академии наук» предоставила положительное заключение, подписанное главным научным сотрудником ИЯИ РАН доктором физ.-мат. наук, членом-корреспондентом РАН С.В. Троицким, и утвержденное Директором ФГБУН ИЯИ РАН доктором физ.-мат. наук, членом-корреспондентом РАН М.В. Либановым. Заключение содержит 1 замечание. Ведущая организация в своем заключении указала, что поставленные в диссертации «Нетепловые процессы при столкновении ветров массивных звезд и остатков сверхновых» задачи и полученные результаты соответствуют специальности 1.3.1 – «физика космоса,

астрономия», а ее автор, Д.В. Бадмаев, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они имеют ученые степени доктора физико-математических наук, работают в различных организациях, не имеют других ограничений, накладываемых п. 3.7 действующего Положения о присуждении ученых степеней. Выбранные оппоненты являются широко известными специалистами и обладают высоким уровнем компетентности в научной области, в которой выполнена диссертационная работа, что подтверждается их публикациями в рецензируемых научных журналах.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что ИЯИ РАН с 1970 года является одним из ведущих центров исследований в области астрономии и астрофизики. В частности, в этом институте ведутся теоретические исследования источников космических лучей и нейтрино высоких энергий, близкие по тематике к предмету исследования диссертационной работы. Кроме того, в ИЯИ РАН имеется диссертационный совет 24.1.163.01 по смежной специальности 1.3.3. — «Теоретическая физика».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ. В том числе по теме диссертации опубликовано 5 перечисленных ниже работ. Они опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в международную базу цитирований Web of Science и ядро РИНЦ. В публикациях, где соискатель является первым автором, вклад в работу диссертанта определяющий. Для публикаций, где соискатель не является первым автором, в скобках указан личный вклад диссертанта:

1. Badmaev D.V., Bykov A.M. Interaction of a supernova remnant with a wind of young massive star: MHD simulations // Journal of Physics: Conference Series, 2019, Volume 1400, Issue 2, article id. 022033;
2. Badmaev D.V., Bykov A.M. Wind of a young massive star colliding with a supernova remnant shell // Journal of Physics: Conference Series, 2021, Volume 2103, Issue 1, article id. 012013;
3. Badmaev D.V., Bykov A.M., Kalyashova M.E. Inside the core of a young massive star cluster: 3D MHD simulations // MNRAS, 2022, Volume 517, Issue 2, p. 2818-2830;

4. Bykov A.M., Uvarov Yu.A., Kalyashova M.E., Badmaev D.V., Lapshov I.Yu., Lutovinov A.A., Mereminskiy I.A., Semena A.N. X-ray emission from Westerlund 2 detected by SRG/ART-XC and Chandra: search for radiation of TeV leptons // MNRAS, 2023, Volume 525, Issue 1, p. 1553-1561 (3D МГД моделирование плазменных течений в ядре ММЗС Wd2, участие в обсуждении результатов и подготовке текста публикации);

5. Badmaev D.V., Bykov A.M., Kalyashova M.E. Core-collapse supernova inside the core of a young massive star cluster: 3D MHD simulations // MNRAS, 2024, Volume 527, Issue 2, p. 3749-3760.

На диссертацию и автореферат поступило 2 отзыва:

1. Отзыв от Кузьмичева Леонида Александровича, доктора физ.-мат. наук, заведующего лабораторией наземной гамма-астрономии ФГБОУ ВО «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, отзыв положительный и замечаний не содержит.
2. Отзыв от Константинова Алексея Николаевича, кандидата физ.-мат. наук, доцента ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого», отзыв положительный и замечаний не содержит.

Диссертационный совет отмечает, что в рамках выполненных соискателем исследований получен ряд новых результатов, важных для астрофизики высоких энергий, а именно:

- Выполнен первый трехмерный (3D) магнитогидродинамический (МГД) расчет структуры и эволюции плазменных потоков и магнитных полей в ядре молодых массивных звездных скоплений (ММЗС), получены детальные карты плотности, температуры, скорости и магнитных полей.
- Впервые подробно рассмотрена филаментарная структура магнитных полей, усиленных до значений, близких к миллигауссам, внутри компактных ММЗС, приведены данные по заполнению объема скопления магнитными полями различной амплитуды в их динамике.

- Впервые смоделировано влияние сверхновой от массивной звезды с коллапсирующим ядром внутри скопления на динамику течений, получены данные о конверсии кинетической энергии сверхзвуковых потоков в тепловую и магнитную компоненты в разные моменты времени.
- Установлено характерное время релаксации квазистационарной структуры течений и распространения эжекты (выбросов плазмы) в ядре ММЗС после вспышки сверхновой с коллапсирующим ядром.

Достоверность представленных в работе результатов обусловлена тем, что:

1. Используемый в работе МГД-код PLUTO основан на методе Годунова и содержит набор классических консервативных численных схем второго порядка точности в пространстве и времени; код хорошо апробирован многими научными группами, в том числе на задачах, связанных с астрофизикой высоких энергий.
2. Для инициализации звездных ветров и остатка сверхновой (ОСН) используются классические аналитические модели и решения, которые хорошо изучены, непротиворечивы, описаны в высокоцитируемых публикациях.
3. Результаты моделирования, по возможности, были сопоставлены и находятся в удовлетворительном согласии с данными наблюдений и результатами других авторов.

Научная и практическая значимость исследования обоснована тем, что 3D МГД моделирование взаимодействий между множественными звездными ветрами и ОСН позволяет детально исследовать динамику плазменных течений и магнитных полей в ядре ММЗС. Это, в частности, важно для оценок эффективности механизмов ускорения космических лучей высоких энергий в условиях компактных скоплений молодых массивных звезд. В системах сталкивающихся сверхзвуковых МГД потоков происходит значительное усиление турбулентного магнитного поля, в результате чего часть механической энергии ветра или бегущей ударной волны переходит в магнитную. Магнитное поле играет ключевую роль в процессе ускорения частиц – усиленное турбулентное поле способствует удержанию частиц вблизи ударных волн и их эффективному ускорению по механизму Ферми I рода. Таким образом, реализуемая 3D МГД модель позволяет изучать, как магнитные поля

эволюционируют и усиливаются в подобных системах, а также строить модельные тепловые и нетепловые спектры излучения, которые могут быть сопоставлены с наблюдательными данными. Это позволяет проверять гипотезы о природе источников высокоэнергетических космических лучей. Оценки потоков и спектров рентгеновского излучения, а также космических лучей низких энергий от компактных скоплений необходимы для построения моделей образования звезд в плотных областях родительского молекулярного облака.

Личный вклад соискателя состоял во включенном участии в решении всех поставленных задач, формулировке выводов и подготовке публикаций.

Соискатель Бадмаев Д.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

Диссертация Бадмаева Д.В. является законченным научным исследованием, вносящим существенный вклад в актуальную область современной астрофизики – астрофизику излучения и космических лучей высоких энергий.

На заседании 18 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Бадмаеву Д.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов по специальности 1.3.1 – «физика космоса, астрономия», участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 0, мнение не выявлено – 0.

Председатель
диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук

Левшаков Сергей Анатольевич

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат физ.-мат. наук

Штернин Петр Сергеевич