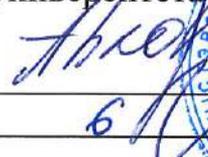


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Белорусского государственного
университета


А. В. Блохин
6 февраля 2026 г.



ОТЗЫВ

оппонирующей организации

Белорусский государственный университет
по диссертационной работе **Кургузовой Оксаны Эдуардовны**
«Фармаванне і распаўсюджванне выпраменьвання ў рэляцівісцкіх абалонках
у дачыненні да гама-ўсплёскаў»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 – теоретическая физика

Принято на заседании научного семинара кафедры теоретической физики
и астрофизики физического факультета БГУ (протокол от 03.02.2026 № 2).

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки со ссылкой на область исследования паспорта соответствующей специальности, утвержденного ВАК

Диссертационная работа Кургузовой О.Э. посвящена установлению основных закономерностей процесса диффузионного переноса излучения в ультрарелятивистской расширяющейся высокоэнергетической оптически толстой оболочке. Содержание диссертационной работы и приведенные в ней результаты соответствуют следующим пунктам раздела «Области исследований» паспорта специальности 01.04.02 – теоретическая физика и отрасли «физико-математические науки»:

Развитие и применение фундаментальных физических концепций, теорий, методов и моделей для описания физических явлений в веществах и полях.

Общая теория относительности (ОТО). Релятивистская астрофизика. Космология. Классические и квантовые модели гравитации вне рамок ОТО.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Диссертация Кургузовой О.Э. посвящена исследованию излучения расширяющейся ультрарелятивистской оптически толстой высокоэнергетической оболочки в начальной фазе гамма-всплеска на основе

релятивистских уравнений переноса в диффузионном приближении, с выявлением закономерностей спектральных характеристик излучения. Данная задача решалась в рамках направления, развиваемого в Государственном научном учреждении «Институт физики имени Б.И.Степанова Национальной академии наук Беларуси».

Актуальность исследований, выполненных соискателем и отражаемая возрастающим количеством публикаций по гамма-всплескам, обусловлена следующими обстоятельствами: во-первых, существует целый ряд возможных причин возникновения гамма-всплесков («астрофизические катастрофические события»); во-вторых, существует целый ряд моделей гамма-всплесков (например, модель «огненной оболочки», принятая в диссертации); в-третьих, гамма-всплеск обусловлен множеством элементарных процессов (тормозное излучение, синхротронное излучение и т.д.) – они перечислены в книгах [12, 158] (цитируется по списку использованных источников в диссертации). В силу этих обстоятельств неизбежна постановка задачи о феноменологическом описании явления. В данном случае феноменологическое описание строится на основе релятивистских уравнений переноса излучения, которые преобразуются, в предельном случае, в релятивистские уравнения диффузии, так что задача о гамма-всплеске может быть сформулирована как смешанная задача для уравнения диффузии с экспериментально обусловленными граничными и начальными условиями. Соискателем были проанализированы решения смешанной задачи для уравнений диффузии в расширяющейся ультрарелятивистской высокоэнергетической оболочке с наиболее простыми начальными условиями.

В результате соискателем, во-первых, предложен простой критерий для самосогласованного определения области значений переменных t , ξ (время и глубина внутри оболочки, соответственно), в которой допустимо диффузионное приближение; во-вторых, на основе релятивистских уравнений диффузии с линейным и квадратичным начальными распределениями энергиями в оболочке, рассчитаны интенсивности, эффективные температуры, мгновенные и интегрированные спектры оболочки, спектральные индексы при различных параметрах распределений, проанализированные с позиции данных измерений и наблюдений.

Таким образом, диссертационная работа Кургузовой О.Э. содержит новые научные результаты, совокупность которых является заметным вкладом в решение проблемы диффузии излучения в расширяющейся, равномерно или неравномерно, ультрарелятивистской высокоэнергетической оболочке.

3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Основные результаты диссертации Кургузовой О.Э., за которые может быть присуждена учёная степень кандидата физико-математических наук, и

выносимые на защиту положения являются новыми. К таковым относятся следующие:

– получен элементарный критерий « $t^2 \leq a\xi$ » (a – константа) пригодности диффузионного приближения в задаче переноса излучения в ультрарелятивистской (Лоренц-фактор $\Gamma > 100$) высокоэнергетической (с энергией $10^{42} - 10^{48}$ Дж) оболочке толщиной $10^6 - 10^8$ м;

– в условиях диффузионного приближения установлено, что интегрированные по времени спектры излучения ультрарелятивистской равномерно движущейся оболочки в низкоэнергетической части, вплоть до левой малой окрестности максимума (порядка $10 - 10^3$ КэВ) спектральной характеристики, не зависят от параметров начального распределения ее энергии (линейного или параболического), и обладают спектральным индексом +2;

– в условиях диффузионного приближения установлено, что в высокоэнергетической части интегрированные по времени спектры излучения равномерно движущейся оболочки (правой окрестности максимума спектральной характеристики), согласуются с типовыми спектрами Банда по спектральному индексу, определяемому начальным условием смешанной задачи для релятивистского уравнения диффузии;

– установлено, что диффузионные интегрированные по времени спектры излучения ультрарелятивистской замедляющейся оболочки обладают спектральными индексами, принадлежащими диапазону наблюдаемых значений.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что они доставляют необходимые исходные данные для дальнейших исследований начальной фазы гамма-всплесков в рамках феноменологической теории. Результаты работы рекомендуется внедрить в университетские курсы астрофизики и физической кинетики.

4. Замечания по диссертации

При общей положительной оценке диссертационной работы необходимо сделать ряд замечаний:

1. Первое положение, выносимое на защиту, о границе применимости диффузионного приближения, сформулировано в категоричной форме; это неприемлемо, поскольку положение основано на решении элементарной смешанной задачи для УЧП, строго говоря, не физической. Вместе с тем, автор имеет полное право на формулировку *критерия* пригодности диффузионного приближения в задаче, касающейся гамма-всплеска. При принятии трактовки полученного результата как элементарного (и «быстрого») *критерия* его трудно оспорить, и его весомость возрастает.

2. В первом пункте раздела «Научная новизна...» общей характеристики работы соискатель говорит об увеличении промежутка времени пригодности диффузионного приближения с увеличением глубины

внутри слоя. Это утверждение представляется излишним, поскольку довольно очевидно.

3. В тексте диссертации графики на рисунке 3.1 (кроме единственного) и сентенция об этих графиках, а также рисунок 3.2 являются лишними в силу формулы (3.7). В соответствии с этой формулой величина J_1 пропорциональна коэффициенту a в начальном условии для J_0 . Отсюда и следует, что, как сказано на с. 66, «форма графика эффективной температуры не зависит от значения параметра a ».

4. В главах 3 и 4 проводится анализ эффективных температур и спектров излучения ультрарелятивистской оболочки с линейной и квадратичной функциями начального распределения. Очевидный вопрос – насколько сильно на результат повлияет выбор в качестве начального распределения любой другой непрерывной функции? Об ответе можно догадываться, однако хотелось бы получить более подробные разъяснения.

5. В диссертации утверждается, что полученные спектральные характеристики в высокоэнергетической области согласуемы с типовыми спектрами Банда и, в общем, с данными наблюдений и измерений. Действительно, мы можем убедиться в этом, сравнивая рисунки в главах 3 и 4 с рисунками из книги Б. Занга [12]. Между тем, автор квалификационной работы должен провести это сравнение в работе явно. Полагаю, что несколько поясняющих графических иллюстраций значительно улучшили бы диссертационную работу.

6. Изложение материала диссертации последовательно и логично, однако в тексте допущено несколько огрехов, грамматических ошибок и опечаток, возникших, в частности, в результате, использования техники «сору – past».

Указанные замечания не снижают научный уровень работы и не изменяют в целом положительной оценки диссертационного исследования.

5. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Анализ содержания диссертации подтверждает должную квалификацию Кургузовой О.А. в области моделирования процессов гамма-излучения ультрарелятивистских астрофизических объектов. Результаты диссертационного исследования были представлены на международных научных конференциях и опубликованы в рецензируемых отечественных и зарубежных научных журналах (5 статей, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий), а именно: Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-матэматычных навук, Nonlinear Phenomena in Complex Systems, New Astronomy (IF=2.1), Astrophysics and Space Sciences (IF=1.5). С учётом научного уровня публикаций и того, что три последних статьи опубликованы соискателем *без соавторов*, можно заключить, что научная

квалификация Кургузовой О.Э. соответствует учёной степени кандидата наук.

Диссертационная работа Кургузовой Оксаны Эдуардовны «Фармаванне і распаўсюджванне выпраменьвання ў рэляцівісцкіх абалонках у дачыненні да гама-ўсплёскаў» является завершённым самостоятельным квалификационным исследованием, которое соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук (Глава 3 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий), и заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика за:

- вывод и формулировку элементарного критерия пригодности диффузионного приближения в задаче о переносе излучения в равномерно расширяющейся ультрарелятивистской высокоэнергетической оболочке в начальной фазе гамма-всплеска;

- обоснование пригодности диффузионного приближения для моделирования, путем варьирования начального распределения энергии, высокоэнергетической части интегрированного по времени спектра равномерно расширяющейся ультрарелятивистской высокоэнергетической оболочки, согласующегося с типовыми спектрами Банда с заданными спектральными индексами;

- построение диффузионных спектров излучения расширяющейся ультрарелятивистской оболочки, учитывающих ее неравномерное движение, длительность (или период) источника гамма-всплеска, согласующихся с типовыми спектрами Банда, а также моделирующих спектры с двумя максимумами.

Отзыв обсужден после заслушивания доклада соискателя на заседании научного семинара кафедры теоретической физики и астрофизики физического факультета БГУ (протокол № 2 от 03.02.2026). Присутствовали: д.ф.-м.н., проф. Фурс А.Н., заведующий кафедрой теоретической физики и астрофизики (председатель научного семинара); д.ф.-м.н., доц. Кушнир В.Н., профессор кафедры теоретической физики и астрофизики (эксперт); д.ф.-м.н., проф. Борздов Г.Н., профессор кафедры теоретической физики и астрофизики; к.ф.-м.н. Розенбаум В.М., ведущий научный сотрудник кафедры теоретической физики и астрофизики; к.ф.-м.н., доц. Жилко В.В., доцент кафедры теоретической физики и астрофизики; Лаврененко В.Д., ассистент кафедры теоретической физики и астрофизики.

Всего 6 человек, из них: 3 доктора наук и 2 кандидата наук.

Слушали доклад Кургузовой Оксаны Эдуардовны, которая изложила краткое содержание, основные положения и выводы представленной диссертации. С проектом отзыва оппонировавшей организации выступил эксперт оппонировавшей организации, профессор кафедры теоретической

физики и астрофизики, д.ф.-м.н., доц. Кушнир В.Н., назначенный приказом ректора БГУ от 22.01.2026 № 37-ОД.

В обсуждении диссертации приняли участие: профессор Фурс А.Н., ведущий научный сотрудник Розенбаум В.М., доцент Жилко В.В., профессор Борздов Г.Н., ассистент Лаврененко В.Д., доцент Кушнир В.Н.

В голосовании приняли участие 5 членов семинара, имеющие ученые степени. Результаты открытого голосования: «За» – 5, «Против» – нет, «Воздержались» – нет.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Рекомендовать к защите диссертацию Кургузовой Оксаны Эдуардовны на тему «Фармаванне и распаўсюджванне выпраменьвання ў рэляцівісцкіх абалонках у дачыненні да гама-ўсплёскаў», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

2. Одобрить заключение оппонировающей организации.

Председатель научного семинара –
доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
теоретической физики и астрофизики
физического факультета БГУ

А.Н.Фурс

Эксперт –
доктор физико-математических наук,
доцент, профессор кафедры
теоретической физики и астрофизики
физического факультета БГУ

В.Н.Кушнир

Секретарь научного семинара –
кандидат физико-математических
наук, доцент, доцент кафедры
теоретической физики и астрофизики
физического факультета БГУ

В.В.Жилко