

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ИКИ РАН)

УДК 524.3 524.5 520.85

Номер государственной регистрации 122042500015-8

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Института космических исследований  
Российской академии наук  
пл.-корр. РАН

А.А. Петрукович

«20» декабря 2023 г.

М.П.

## ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследования физических процессов внутри звезд, звездоподобных объектов и их окрестностях, в экстремальных условиях нестационарности, сильной гравитации и больших магнитных полей

(промежуточный, этап №2)

Тема ЗВЁЗДЫ

FFWG-2022-0004

Научный руководитель  
д.ф.-м.н., профессор

 Г.С. Бисноватый-Коган

Москва  
2022

Список исполнителей

Руководитель темы

г.н.с., д.ф.-м.н.



20.12.23

Бисноватый-Коган Г.С.

Исполнители темы:

с.н.с., к.ф.-м.н.



20.12.23

Минаев П.Ю.

раздел 1

в.н.с., д.ф.-м.н.



20.12.23

Моисеенко С.Г.

раздел 1

в.н.с. к.ф.-м.н.



20.12.23

Позаненко А.С.

раздел 1

н.с., к.ф.-м.н.



20.12.23

Глушихина М.В.

раздел 1

с.н.с., к.ф.-м.н.



20.12.23

Торопина О.Д.

раздел 1

с.н.с., к.ф.-м.н.



20.12.23

Цупко О.Ю.

раздел 1

инженер



20.12.23

Кондратьев И.А.

раздел 1

инженер



20.12.23

Патраман Е.

раздел 1

зав. сектором



20.12.23

Маслов И.А.

раздел 2

с.н.с., к.ф.-м.н.



20.12.23

Угольников О.С.

раздел 1

Нормоконтроль



20.12.23

Аксенова Т.М.

## РЕФЕРАТ

Отчет – 25 с., 8 рисунков, 24 источника.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ АСТРОФИЗИКА,  
РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ОБЪЕКТЫ, НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ, ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ,  
СВЕРХНОВЫЕ, ГАММА-ВСПЛЕСКИ, ПЛАЗМА, ГРАВИТАЦИОННОЕ  
ЛИНЗИРОВАНИЕ, МГД, ТУМАННОСТИ, ПОЛЯРИМЕТРИЯ, МЕЗОСФЕРА

В отчете рассматриваются следующие задачи:

Расчеты магниторотационного взрыва сверхновой для дипольного и квадрупольного магнитных полей с использованием МГД-метода высокого порядка точности

Аналитические исследования временной задержки, обусловленной наличием плазмы вокруг гравитационной линзы

Численное моделирование замагниченных джетов при наличии полоидального и тороидального магнитного поля

Численное моделирование движения замагниченных нейтронных звезд в неоднородной межзвездной среде

Решение МГД-уравнений в аксиально-симметричном приближении с учётом градиента температуры и вектора диффузии для описания процессов переноса в веществе коры замагниченной нейтронной звезды.

Предельные массы нейтронных звезд в ОТО, в приближении однородного шара

Объяснение хаббловского несоответствия наличием взаимосвязи темной энергии и материи в современной вселенной

Исследования космических гамма-всплесков

Фотометрические наблюдения  $\Pi$  Сер в ближней инфракрасной области спектра.

Широкоугольные трехцветные измерения микрофизических свойств облачных частиц в мезосфере Земли

## Содержание

	Стр.
Введение	5
1 Раздел 1. Исследования звёзд	6
2 Раздел 2. Физика околоземного пространства	15
Заключение	19
Список использованных Источников	20

## ВВЕДЕНИЕ

Институт космических исследований Российской академии наук проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с государственным заданием ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ по следующим научным направлениям:

- Научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно-земных связей
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики

Фундаментальные и прикладные научные исследования физических процессов внутри звезд, звездоподобных объектов и их окрестностях, в экстремальных условиях нестационарности, сильной гравитации и больших магнитных полей проводятся по теме FFWG-2022-0004 ЗВЁЗДЫ.

Тема FFWG-2022-0004 ЗВЁЗДЫ является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2023г. по теме ЗВЁЗДЫ Исследования физических процессов внутри звезд, звездоподобных объектов и их окрестностях, в экстремальных условиях нестационарности, сильной гравитации и больших магнитных полей.

## **ЗВЁЗДЫ**

Исследования физических процессов внутри звезд, звездоподобных объектов и их окрестностях, в экстремальных условиях нестационарности, сильной гравитации и больших магнитных полей

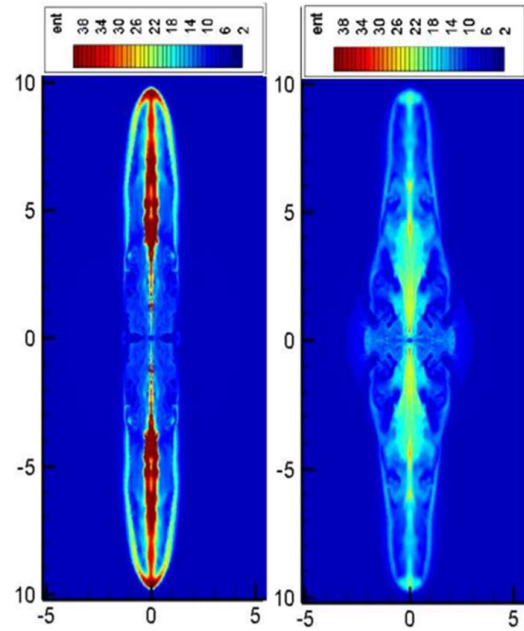
Гос.рег. № FFWG-2022-0004

### **Раздел 1 Исследования звезд.**

#### **1.1. Расчеты магниторотационного взрыва сверхновой для дипольного и квадрупольного магнитных полей с использованием МГД-метода высокого порядка точности**

В рамках отчетного периода проведены двумерные расчеты коллапса и магниторотационного (МР) взрыва сверхновой при помощи ранее разработанного нами многомерного комплекса программ с реализацией решения уравнений идеальной магнитной гидродинамики (МГД). Данный комплекс программ основан на использовании явной схемы Годуновского типа для моделирования сжимаемых МГД-течений в форме законов сохранения совместно с уточнением расчетных величин до пятого порядка аппроксимации по пространству и третьего – по времени на основе схемы РРМ5 и метода Рунге-Кутты RK3, соответственно. Для адаптации кода к решению задачи о коллапсе и взрыве МР сверхновой нами была улучшена схема нейтринных потерь, в которой отдельно рассматриваются области нейтринной диффузии и свободного разлета. Нагрев вещества за счёт поглощения вылетающих из ядра нейтрино нуклонами рассматривается в областях свободного разлета. Используемая схема приводит к результатам в согласии с более громоздкими подходами, основанными на решении уравнения переноса нейтрино. Для ускорения расчетов течений с самогравитацией на многоядерных системах был реализован метод приближенного решения уравнения Пуассона для гравитационного потенциала посредством разложения потенциала в ряд по сферическим. Проведены осесимметричные расчеты коллапса и МР взрыва сверхновой с магнитными полями дипольного и квадрупольного типов симметрии для сравнения с расчетами других авторов (см. Рис. 1). В обоих случаях энергия взрывов согласуется с наблюдательными данными и опубликованными результатами других научных групп. Форма взрывной волны имеет струйную структуру вследствие наличия магнитного поля, коллимирующего выбросы. В случае квадрупольного поля возникают также выбросы вдоль экваториальной плоскости, связанные с наличием радиальной компоненты поля на экваторе.

Рис.1. Удельная энтропия (в единицах  $\frac{k_B}{\text{a.m.u.}}$ ) выбросов по достижению ими 10 тысяч километров в расчетах МР взрывов сверхновой для звезды в 20 масс Солнца при наличии начальных дипольного (слева) и квадрупольного (справа) магнитных полей с индукцией  $B = 10^{12}$  Гс перед коллапсом. На осях указано расстояние от центра звезды по вертикали и горизонтали в единицах тысяч километров.



## 1.2 Аналитические исследования временной задержки, обусловленной наличием плазмы вокруг гравитационной линзы

Завершены исследования временной задержки в гравитационных линзах с несколькими изображениями далекого источника (т.н. системы с сильным линзированием). В качестве гравитационной линзы рассматривалась модель сингулярной изотермической сферы, которая является простейшей моделью, позволяющей описывать линзирующие свойства галактики или скопления. Предполагалось, что линза окружена сферически-симметричным распределением плазмы, приводящей к дополнительному отклонению луча вследствие преломления. Помимо геометрической задержки сигнала, связанной с искривлением луча за счет одновременного действия гравитации и неоднородной плазмы, учитывались потенциальная задержка в гравитационном поле и дисперсионная задержка из-за замедления скорости сигнала в среде. Была аналитически выведена временная задержка между первичным и вторичным изображением, включающая в себя поправки, обусловленные присутствием плазмы.

Сформулирован метод оценки поправок, связанных с плазмой, с помощью измерений угловых положений первичного и вторичного изображений в двух разных диапазонах. Например, можно использовать измерения в радиодиапазоне и в оптическом диапазоне (во втором случае эффект пренебрежимо мал и можно пользоваться вакуумными формулами). Были сделаны численные оценки влияния плазмы для разных частот наблюдения как в случае галактики, так и в случае скопления галактики.

Исследована особенность геометрической временной задержки при одновременном присутствии гравитации и плазмы. Поскольку гравитация и неоднородная плазма отклоняют луч света в противоположных направлениях, то возможна ситуация, что для некоторого изображения угол гравитационного отклонения и угол преломления в точности компенсируют друг друга и траектория луча становится прямой. В этом случае геометрическая задержка для этого изображения становится равной нулю.

## 1.2. Численное моделирование замагниченных джетов при наличии полоидального и тороидального магнитного поля

Проведено численное МГД моделирование процессов образования астрофизических джетов и их коллимация магнитным полем. Магнитное поле задавалось как суперпозиция полоидального и тороидального полей. Учитывались все три компонента магнитного поля. Результаты моделирования были сопоставлены с параметрами джетов из молодых звезд и с лабораторными результатами по формированию узконаправленных струйных джетов, в частности, на лазерной установке НЕОДИМ в ЦНИИМАШ.

Ранее, в предыдущих исследованиях, мы изучали образование джетов отдельно во внешнем постоянном полоидальном поле, направленном перпендикулярно мишени, и отдельно в тороидальном магнитном поле. В отчетном периоде мы моделировали формирование джетов во внешнем магнитном поле с учетом всех трех его компонентов. Полоидальное магнитное поле ( $\mathbf{B}_r$ ,  $\mathbf{B}_z$ ) задавалось с помощью тороидального компонента вектор-потенциала  $\mathbf{A}$ . Тороидальное поле ( $\mathbf{B}_\phi$ ) задавалось по образу поля проводника с током, направленного параллельно оси  $\mathbf{Z}$ .

Во всех расчетах втекающий поток вещества несет магнитное поле, аналогичное внешнему полю в области моделирования. При такой конфигурации поле коллимирует поток плазмы в узконаправленный джет, форма поперечного сечения которого зависит от величины магнитного поля и соотношения величин полоидальных и тороидального компонентов. Найдено распределение плотности и энергии плазмы, получена структура джета на различных расстояниях и в различные моменты времени.

В сильном магнитном поле джет расширяется незначительно, что подтверждает возможность магнитного механизма коллимации астрофизических джетов. Угол раствора конуса джета зависит от величины суммарной магнитной индукции поля. Чем больше  $\mathbf{B}$ , тем меньше угол отклонения потока. При определенных значениях  $\mathbf{B}$  возможно распределение плотности в виде кольцевых структур, характеристики которых зависят от величины поля. Подобные структуры наблюдаются в лабораторном эксперименте. Полученные в расчетах значения угла раствора конуса джета соответствуют значениям, полученным в лазерном эксперименте на установке НЕОДИМ.

Установлено, что в коллимации потока магнитным полем принимают участие оба компонента  $\mathbf{B}_z$  и  $\mathbf{B}_\phi$ . На данный момент сложно сказать, какой компонент вносит больший вклад, и необходимы дополнительные расчеты.

При помощи критериев масштабирования результаты МГД моделирования были сопоставлены с параметрами джетов, получаемых в лабораторном эксперименте на установке НЕОДИМ в ЦНИИМАШ и с параметрами джетов из молодых



звезд. Полученные результаты хорошо согласуются с ранее полученными результатами МГД моделирования образования джетов отдельно в полоидальном и отдельно в тороидальном магнитном поле.

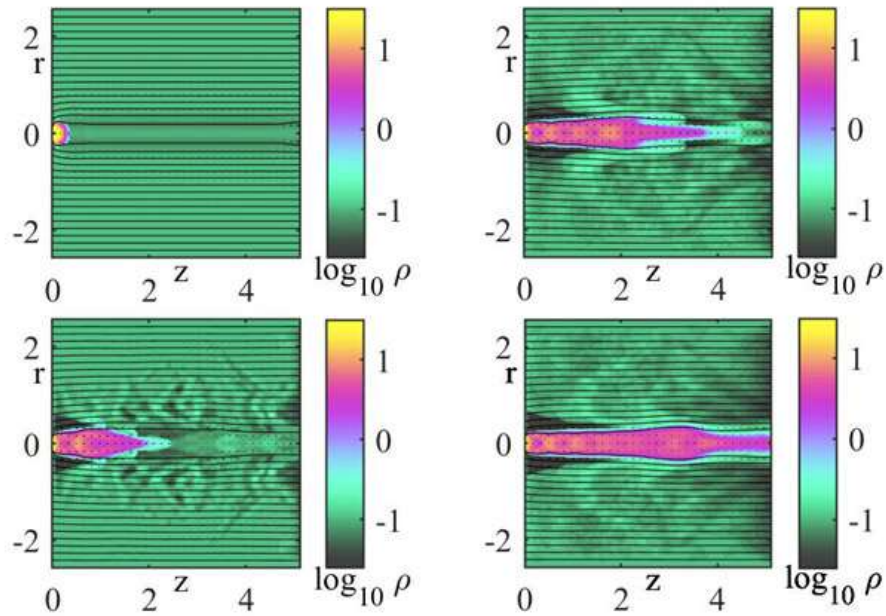


Рис.2 Картина течения вещества при формировании джета в магнитном поле в моменты времени:  $T = 0.1$ ,  $T = 0.8$ ,  $T = 1.6$ ,  $T = 2.5$  для случая с параметрами  $b = 10^{-2}$  и  $M = 3$ . Цветной заливкой обозначен логарифм плотности, тонкие сплошные линии соответствуют силовым линиям полоидального поля.

### 1.3. Решение МГД-уравнений, определяющих магнитное поле в плазменном цилиндре с радиальным градиентом температуры, помещенным в однородное поле вдоль его оси, с учетом токов Холла и индуцированного ими магнитного поля

Рассмотрена модель проводящего цилиндра с центральным источником тепла и однородным магнитным полем, направленным вдоль оси, в стационарном состоянии. В модели учитывается радиальный градиент температуры, вектор диффузии в данном рассмотрении равен нулю. Наличие температурного градиента приводит к появлению азимутального тока Холла. Исследованы магнитные поля, созданные этим током, в сравнении с магнитным полем, созданным внешними источниками. Для исследования магнитных полей, создаваемых токами Холла, получено решение уравнения, в которых они сочетаются с внешними полями. Получены аналитические и численные решения этого уравнения. Численные расчёты выполнены для параметров, соответствующих плазме в коре намагниченных нейтронных звёзд, а также для параметров плазмы, изучаемой в земных лабораторных установках.

Во всех расчетах индуцированное Холловское поле уменьшает суммарное, в полном соответствии с правилом Ленца. В последние годы экспериментальное изучение астрофизических процессов проводится в лабораторных экспериментах, которые моделируют астрофизику с помощью теории подобия. Полученные в данной работе результаты могут быть использованы для изучения эффектов тока Холла, созданного температурным градиентом, в лабораторной плазме, чтобы в дальнейшем применить их и для астрофизических условий.

#### **1.4. Объяснение хаббловского несоответствия наличием взаимосвязи темной энергии и материи в современной вселенной**

В современной космологии принято, что скалярное поле, ответственное за инфляционную стадию ранней Вселенной, полностью превращается в вещество. Предполагается, что ускоренное расширение в настоящее время управляется темной энергией (DE), которая, по всей вероятности, определяется космологической постоянной Эйнштейна, не связанной со скалярным полем, ответственным за инфляцию. Мы рассмотрели космологическую модель, в которой DE может иметь в настоящее время два компонента, один из которых – постоянная Эйнштейна ( $\Lambda$ ), а другой, меньший переменный компонент DEV ( $\Lambda$ ), связан с остатком скалярного поля, вызвавшего инфляцию, после того, как основная часть скалярного поля превратилась в вещество. Мы рассматриваем только стадии эволюции Вселенной после рекомбинации ( $z < 1100$ ), где DM – преобладающий компонент вещества. Предполагается, что превращение скалярного поля в вещество продолжается в настоящее время и сопровождается обратным процессом превращения DM в скалярное поле. Рассматривается связь между DM и DEV, соответствующую линейному соотношению между плотностями энергии этих компонентов после рекомбинации. Рассматриваются также варианты с зависимостью от красного смещения коэффициента. Одна из возникших в современной космологии проблем, получившая название Hubble Tension (HT) – Несоответствие Хаббла, состоит в расхождении значений постоянной Хаббла в настоящее время ( $z < 1$ ), измеренных по наблюдениям Вселенной на малых красных смещениях и по наблюдениям флуктуаций реликтового излучения во Вселенной при больших красных смещениях ( $z \sim 1100$ ). В нашей модели это несоответствие может быть объяснено отклонением существующей космологической модели от использованной общепринятой CDM модели плоской Вселенной действием добавочного компонента темной энергии DEV на стадиях после рекомбинации. В рамках этой расширенной модели мы рассматриваем различные варианты связи DM с DEV, которые устраняют HT. Чтобы поддерживать близким к постоянному соотношению плотностей энергии DEV и DM на протяжении интервала,  $0 < z < 1100$  необходимо допустить существование широкого спектра малых масс частиц темной материи.

#### **1.5. Предельные массы нейтронных звезд в ОТО, в приближении однородного шара**

Рассмотрены модели нейтронных звезд в случае однородного распределения плотности. Получено алгебраическое уравнение равновесия, справедливое для любого уравнения состояния. Данное уравнение позволяет приближенно оценить массу звезды заданной плот-

ности, не прибегая к интегрированию дифференциальных уравнений. Модели однородных нейтронных звезд для разных уравнений состояния, представленные в работе, отличаются в области максимума массы от точных решений, получаемых при численном интегрировании дифференциальных уравнений, не более, чем на 20%.

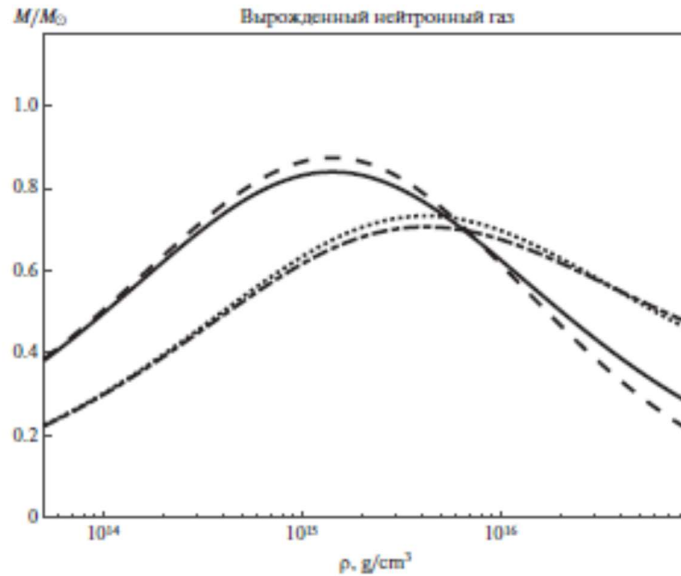


Рис.3 Вырожденный нейтронный газ - модель Оппенгеймера-Волкова. Сплошной линией обозначена зависимость  $M(\rho)$  в случае однородного распределения плотности, штрихпунктирная – в точной модели. Штриховая линия показывает зависимость  $M_0(\rho)$  в однородном случае, пунктирная – в точной модели.

### 1.5 Исследования космических гамма-всплесков

Проведено исследование гамма-всплеска GRB 171205A в гамма-диапазоне по данным эксперимента BAT космической обсерватории Swift. Показано, что кривая блеска состоит из единственного импульса экспоненциальной формы длительностью  $T_{90} = 232 \pm 9$  сек. Обнаружено, что на диаграмме Амари  $E_{p,i} - E_{iso}$  (зависимость максимума в энергетическом спектре в системе отсчета источника  $E_{p,i}$  от эквивалентной изотропной энергии, излученной источником,  $E_{iso}$ ) всплеск занимает нетипичное для длинных гамма-всплесков положение. Это может быть связано с наблюдением всплеска под большим углом к оси джета.

Исследована активная фаза гамма-всплеска GRB 230328B в гамма-диапазоне по данным эксперимента GBM космической обсерватории Fermi с целью классификации этого события и оценки красного смещения его источника. Гамма-всплеск имеет длительность  $T_{90} = 25.7$  с и достаточно мягкий энергетический спектр ( $E_p = 164$  кэВ), что характерно для класса длинных гамма-всплесков. С помощью диаграммы  $E_N - T_{90,i}$

подтверждено, что гамма-всплеск принадлежит к классу длинных всплесков, и нижняя граница красного смещения источника составляет  $z = 0.09$ .

Исследована активная фаза длинного гамма-всплеска GRB 230307A в гамма-диапазоне по данным эксперимента GBM/Fermi. Спектральный анализ показал, что всплеск является одним из ярчайших в эксперименте GBM/Fermi – интегральный энергетический поток в диапазоне (10, 1000) кэВ составил  $F = 2.9 \cdot 10^{-3}$  эрг/см<sup>2</sup>. Проведено исследование положения всплеска на диаграммах  $E_{p,i} - E_{iso}$  и  $T_{90,i} - E_{H}$  (зависимость параметра длительности собственного излучения гамма-всплеска в гамма-диапазоне в системе отсчета источника  $T_{90,i}$  от параметра  $E_{H}$  – комбинации параметров максимума в энергетическом спектре в системе отсчета источника  $E_{p,i}$  и эквивалентной изотропной энергии, излученной источником,  $E_{iso}$ ) в зависимости от красного смещения источника всплеска. Показано, что оно не противоречит возможной ассоциации источника с обнаруженной галактикой, находящейся на красном смещении  $z = 0.065$ .

Исследовано положение гамма-всплеска GRB 230506C на диаграммах  $E_{p,i} - E_{iso}$  и  $T_{90,i} - E_{H}$  в зависимости от красного смещения источника всплеска на основе данных эксперимента GBM космической обсерватории Fermi. Показано, что оно не противоречит значениям  $3.7 < z < 4.0$ , полученным при интерпретации спектра послесвечения всплеска в оптическом диапазоне.

Проведён анализ спектров мощности кривых блеска гамма-всплесков по данным GBM, полученные результаты в различных системах отсчета (наблюдателя и источника), а также зависимость спектров мощности от красного смещения источников гамма-всплесков и от длительности гамма-всплесков.

Проведен поиск периодических и квазипериодических осцилляций в кривой блеска собственного излучения короткого гамма-всплеска GRB 231115A в данных эксперимента GBM/Fermi. Поиск проведен с помощью анализа спектров мощности и вейвлет-преобразований сигнала. Предварительно, найден высокочастотный квазипериодический сигнал с частотой  $\sim 1700$  Гц, который может быть проявлением неустойчивости излучающей области в магнитосфере нейтронной звезды. Такие осцилляции являются характерным не для источников гамма-всплеска, а для гигантских вспышек источников мягкого повторного излучения (SGR).

### **Оптические исследования**

В результате наблюдательной кампании наблюдения родительской галактики GRB 230812B была получена многоцветная кривая блеска, в которой был обнаружен признак сверхновой.

Проведено моделирование спектрального распределения энергии родительской галактики источника GRB 230328B, с известным красным смещением, с целью определения физических параметров. Наилучшая модель спектрального распределения энергии (SED) галактики представлена на Рис. 3.

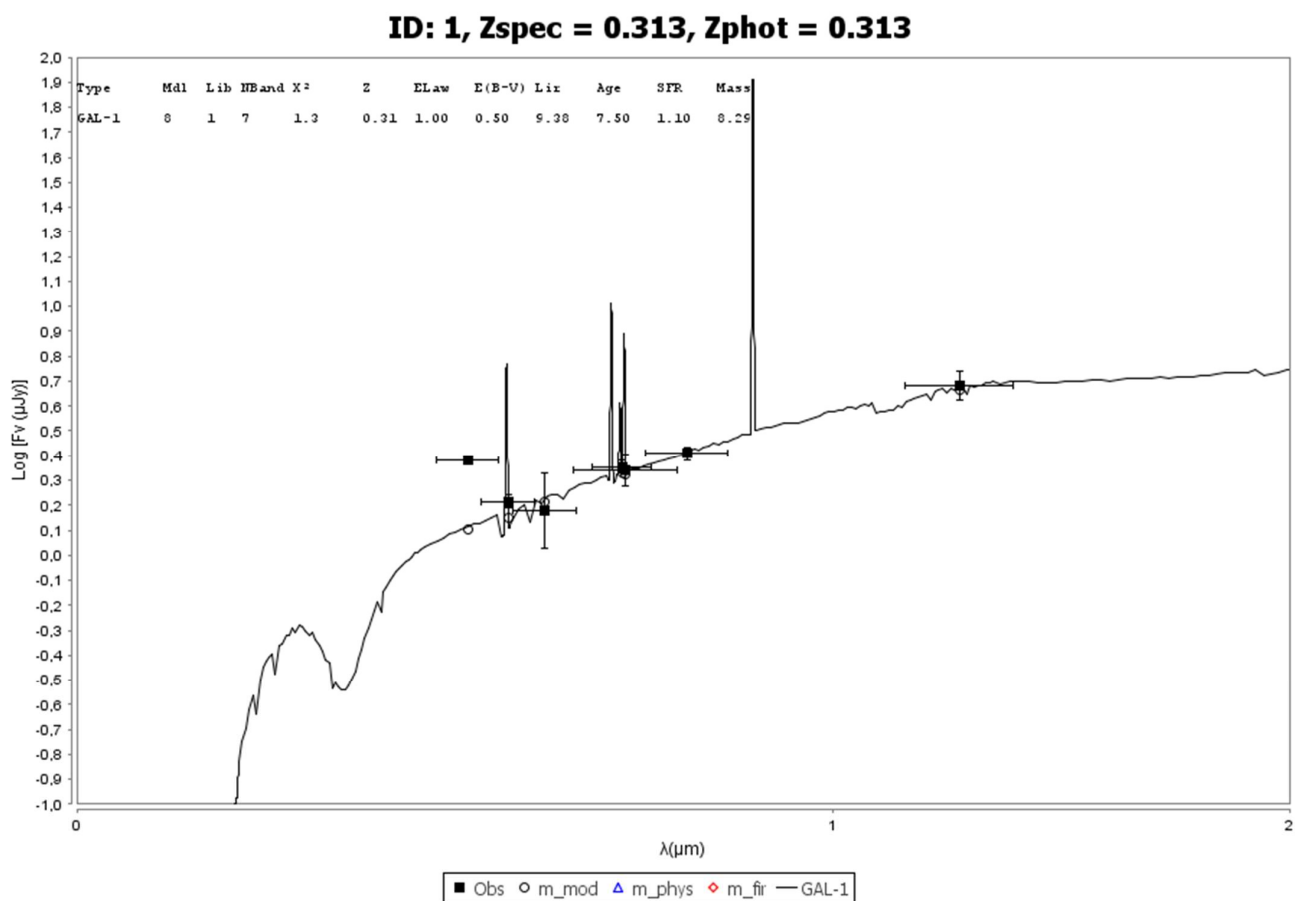


Рис.3. Спектральное распределение энергии (SED) родительской галактики гамма-всплеска GRB 230328B.

Проведена фотометрия текущих оптических наблюдений транзиентов, обнаруженных Zwicky Transient Facility (ZTF): кандидата в нейтринное событие AT2023rkw, который впоследствии был подтвержден как сверхновая Ia; красных транзиентов с быстропадающим потоком AT2023jxk и AT2023lcr (Рис.4) - сверхновая Ic-B (L, - полученных на Специальной астрофизической обсерватории (САО), Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО (Монды), Абастуманской астрофизической обсерватории (ААО), Майданакской высокогорной обсерватории (МАО).

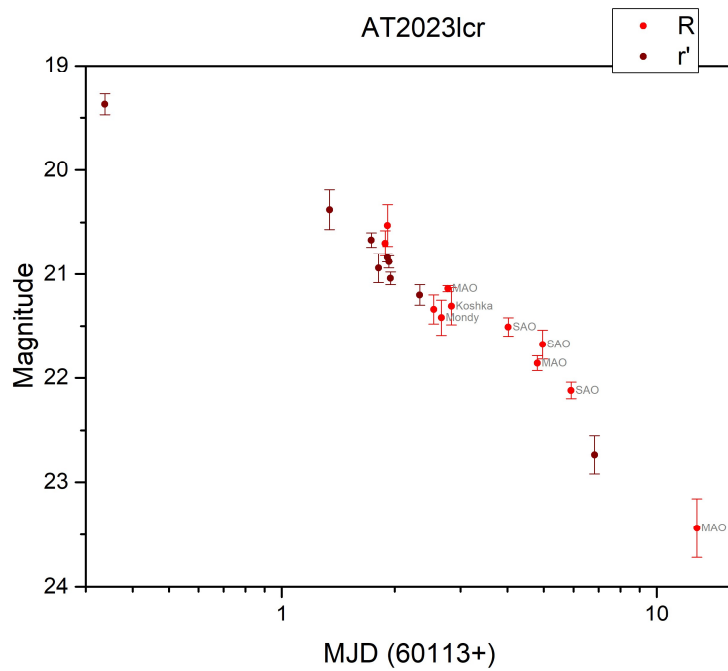


Рис.4. Кривая блеска AT2023lcr в фильтрах R и r.

Продолжена работа по систематизации данных прошлых лет, собрана статистика по оптически ярким гамма-всплескам, которые наблюдались на инструментах обсерваторий, сотрудничающих с ИКИ РАН (сеть телескопов ИКИ РАН). Проведена работа по созданию общедоступного каталога кривых блеска послесвечений гамма-всплесков в оптическом диапазоне с известным красным смещением. Из 609 гамма-всплесков с известным красным смещением к настоящему времени, в каталог кривых вошли данные для 16 кривых блеска, полученные в ИКИ РАН.

## Раздел 2 Физика околоземного пространства.

### 2.1 Фотометрические наблюдения $\Pi$ Сер в ближней инфракрасной области спектра.

В течение длительного времени (1997–2022 гг.) совместно с ГАИШ МГУ нами проводились наблюдения переменной звезды  $\Pi$  Сер в полосах JHKLM инфракрасной области спектра. Усредненные по годовым сезонам результаты измерений указывают на возможно затменный характер переменности этой звезды в области 1.25–4.8 мкм с периодом 3550 дней, который следует из спектральных данных. Полученная фазовая зависимость для полос Н и К показана на рисунке. Для подтверждения результата необходимо продолжать наблюдения еще около пяти лет.

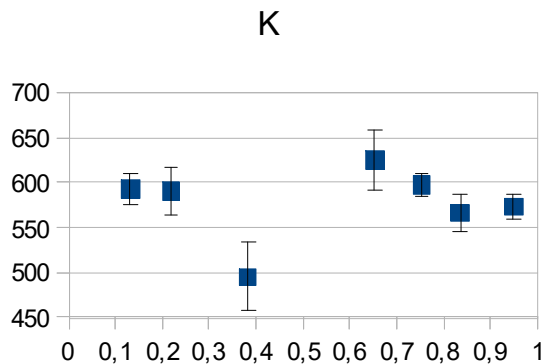
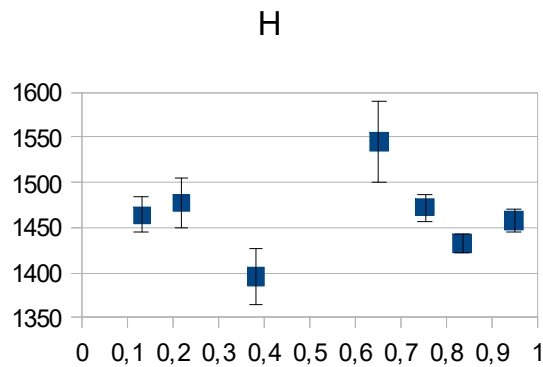


Рис. 6. Зависимость яркости ( $10^{-15}$  Вт м<sup>-2</sup> мкм<sup>-1</sup>), звезды П\_Сер в полосах Н и К от фазы с начальным моментом МТ=52903 и периодом 3550 суток.

## 2.2 Разработка и создание поляриметра для телескопа Цейсс-1000.

Совместно с ИНАСАН разработан и изготовлен поляриметр для телескопа Цейсс-1000, который установлен на обсерватории в п. Симеиз (респ. Крым). Прибор позволяет оперативно вводить (и выводить) поляризационный светофильтр в поле зрения штатной камеры телескопа. Проведены первые наблюдения. Планируется использовать этот прибор, как штатное оборудование.

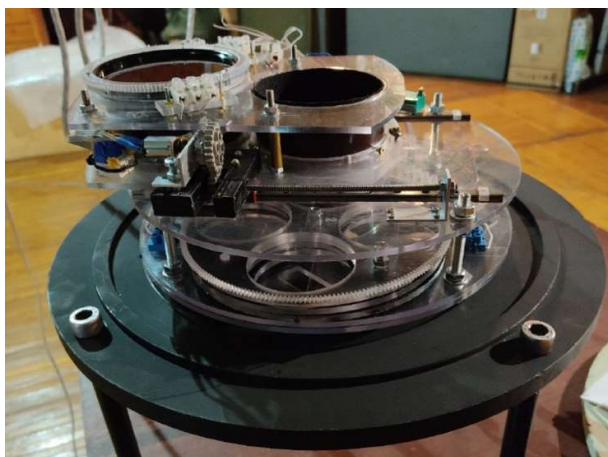


Рис. 7. Поляриметр на посадочном фланце перед установкой на телескоп.

## 2.3 Наблюдения Сверхновой SN2023ixf.

В июле 2023 г. были проведены наблюдения Сверхновой SN2023ixf, с использованием нового поляриметра телескопа Цейсс-1000 Симеизской обсерватории ИНАСАН и инфракрасного фотометра ГАИШ (КАС МГУ). Получены величины спектральных потоков от Сверхновой в стандартных полосах UVRI JHKLM и оценки параметров линейной поляризации для полос BVRI, представленные в Таблице в виде производных параметров Стокса. Кроме того, измерена поляризация галактики M101 вблизи места, где вспыхнула Сверхновая. Поскольку поляризация галактики происходит от поляризации света звезд ориентированными пылинками межзвездной пыли, и она существенно больше



поляризации Сверхновой, сделан вывод о том, что SN2023ixf практически не погружена в спиральный рукав M101.

Таблица 1. Оценки параметров линейной поляризации (%) от SN2023ixf и галактики в районе сверхновой 16-24 июля 2023 г.

Спектральная полоса		B	V	R	I
Число ночей наблюдений		6	7	7	5
SN2023ixf 0-30''	dQ/dI	-0.4±0.3	-0.8±0.3	-0.4±0.5	-0.6±0.4
	dU/dI	-0.9±0.9	-0.4±0.3	+0.5±0.2	+0.0±0.7
M101 30-180''	dQ/dI	-3.5±1.0	-2.8±1.2	-3.2±1.2	-4.1±2.2
	dU/dI	+2.0±1.1	+2.6±0.9	+4.0±0.4	+2.4±1.9

## 2.4 Широугольные трехцветные измерения микрофизических свойств облачных частиц в мезосфере Земли

Метод определения высоты и среднего эффективного радиуса ледяных частиц полярных мезосферных облаков, разработанный ранее, впервые был применен не ко всему наблюдаемому полю облаков, а отдельно к разным кросс-волновым координатам. На основе наблюдений поля облаков в июле 2022 года, модулированной плоскопараллельной акустико-гравитационной волной, получены профили высоты и радиуса частиц. На некоторых участках обнаружено на первый взгляд парадоксальное явление увеличения среднего радиуса частиц в области визуального минимума яркости облаков. Эффект был описан ранее на основе спутникового мониторинга и связан с более медленным испарением крупных частиц по сравнению с мелкими в теплой фазе волны.

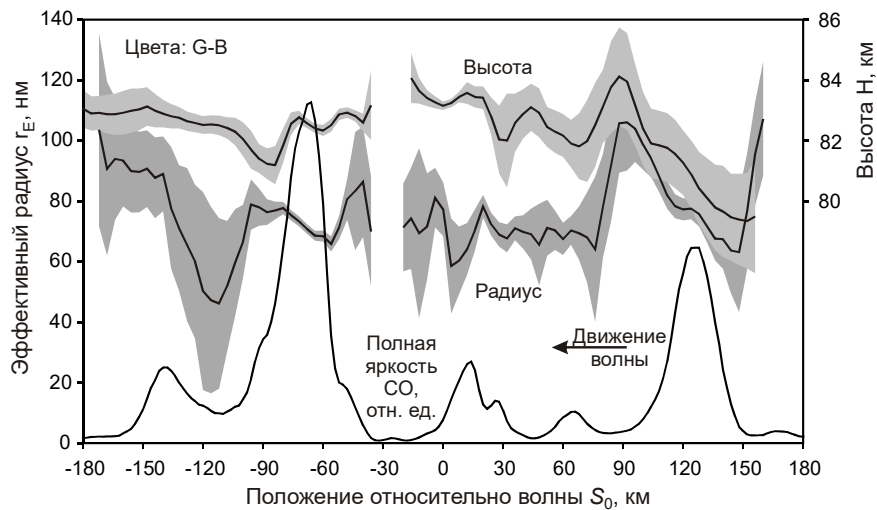


Рис.8 Профили высоты и эффективного радиуса частиц поперек акустико-гравитационной волны в полярных мезосферных облаках 15 июля 2022 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2022 г. по теме «Звёзды: физических процессов внутри звезд, звездоподобных объектов и их окрестностях, в экстремальных условиях нестационарности, сильной гравитации и больших магнитных полей». По результатам этих исследований сотрудниками ИКИ РАН в 2023 г. было опубликовано 26 научных публикаций. Из них опубликовано:

- статьи в зарубежных изданиях - 10
- статьи в отечественных научных рецензируемых журналах - 12
- монография - 0
- статьи в сборниках материалов конференций - 4
- доклады, тезисы, циркуляры - 39
- статьи в научно-популярных изданиях - 0
- публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными - 7
- число публикаций работников научной организации в базах Web of Science и Scopus - 16, из них входят в Q1 - 7, входят в Q2 - 1
- статьи со ссылками на РНФ: 2
- статьи со ссылками на НЦФМ: 1
  
- статьи по теме (без РНФ): 19

**Наиболее важные результаты, полученные по теме «Звёзды»:**

### **1. Объяснение хаббловского несоответствия наличием взаимосвязи темной энергии и материи в современной вселенной**

**В заключение отметим, что работы по теме «Звёзды» проводились в соответствии с утвержденным планом и полностью выполнены.**

Список использованных источников  
Список опубликованных работ в 2022 по теме «ЗВЕЗДЫ»:

**Статьи в зарубежных изданиях:**

1. Ugolnikov O.S. Altitude and particle size measurements of noctilucent clouds by RGB photometry radiative transfer and correlation analysis, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, V.296, P.108433, 2023. DOI: 10.1016/j.jqsrt.2022.108433; **(Q1)**
2. Ugolnikov O.S., Cross-wave profiles of altitude and particle size of noctilucent clouds in the case of one-dimensional small-scale gravity wave pattern, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, V.243, P.106024, (2023). DOI: 10.1016/j.jastp.2023.106024 **(Q3)**
3. G. S. Bisnovatyi-Kogan and O. Yu. Tsupko Time delay induced by plasma in strong lens systems, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 524, 3060 (2023) DOI:10.1093/mnras/stad2030 **(Q1)**
4. J. Sun, X. Er, and O.Yu. Tsupko, Binary microlensing with plasma environment -- star and planet, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 520, 994 (2023) DOI:10.1093/mnras/stad200 **(Q1)**
5. Malanchev, Konstantin; Kornilov, Matwey V.; Pruzhinskaya, Maria V.; Ishida, Emille E. O.; Aleo, Patrick D.; Korolev, Vladimir S.; Lavrukhina, Anastasia; Russeil, Etienne; Sreejith, Sreevarsha; Volnova, Alina A.; Voloshina, Anastasiya; Krone-Martins, Alberto, The SNAD Viewer: Everything You Want to Know about Your Favorite ZTF Object, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Volume 135, Issue 1044, id.024503, 18 pp. (2023). Doi: 10.1088/1538-3873/acb292 **(Q1)**
6. Pruzhinskaya, M. V.; Ishida, E. E. O.; Novinskaya, A. K.; Russeil, E.; Volnova, A. A.; Malanchev, K. L.; Kornilov, M. V.; Aleo, P. D.; Korolev, V. S.; Krushinsky, V. V.; Sreejith, S.; Gangler, E., Supernova search with active learning in ZTF DR3, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 672, id.A111, 22 pp. (2023), <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202245172> **(Q1)**
7. Volnova, A.; Aleo, P. D.; Gangler, E.; Ishida, E. E. O.; Kornilov, M.; Korolev, V.; Krushinsky, V.; Lavrukhina, A.; Malanchev, K.; Pruzhinskaya, M.; Russeil, E.; Semenikhin, T.; Sreejith, S.; SNAD Team; “The Most Interesting Anomalies Discovered in ZTF DR17 from the SNAD-VI Workshop” // *Research Notes of the AAS*, Volume 7, Issue 7, id.155. 2023.
8. Belkin S.O., Pozanenko A.S., Systematics and Biases in Observations of Supernovae Associated with Gamma-Ray Bursts, *Pattern Recognition and Image Analysis, Advances in Mathematical Theory and Applications*, v. 33, 2, pp. 86-91, (2023) <https://doi.org/10.1134/S1054661823020025>
9. Minaev P. Yu., Pozanenko A. S., Calibrating SPI-ACS/INTEGRAL for gamma-ray bursts and re-estimating energetics of GRB/GW 190425 in gamma-ray range. // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 525, #2, pp. 2411–2421. (2023), <https://doi.org/10.1093/mnras/stad2416> **(Q1) (PHΦ)**
10. Suchkov, S. I.; Arkhangelskaja, I. V. ; Arkhangelskiy, A. I. ; Bakaldin, A. V.; Chernysheva, I. V. ; Galper, A. M. ; Dalkarov, O. D. ; Egorov, A. E.; Kheymits, M. D. ; Korotkov, M. G. ; Leonov, A. A.; Leonova, S. A. ; Malinin, A. G. ; Mikhailov, V. V. ; Minaev, P. Yu.; Pappé, N. Yu. ; Razumeyko, M. V. ; Topchiev, N. P. ; Yurkin, Yu. T., The Upcoming GAMMA-400 Experiment // *Universe*, Volume 9, #8, pp. 369; <https://doi.org/10.3390/universe9080369>; **(2023) (Q1)**

## Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах

1. Pankov, N. S.; Pozanenko, A. S.; Minaev, P. Yu.; Belkin, S. O.; Volnova, A. A. ; Reva, I. V. ; Serebryanskii, A. V. ; Krugov, M. A. ; Naroenkov, S. A. ; Novichonok, A. O. ; Zhornichenko, A. A. ; Rummyantsev, V. V. ; Antonyuk, K. A. ; Egamberdiev, Sh. A. ; Burkhonov, O. A. ; Klunko, E. V. ; Moskvitin, A. S. ; Molotov, I. E. ; Inasaridze, R. Ya., .Chromatic Afterglow of GRB 200829A // Astronomy Letters, Volume 49, Issue 3, p.81-109. DOI: 10.1134/S1063773723030052 **(Q3)**
2. I.A. Kondratyev and S. G. Moiseenko, "A Semi-Implicit Numerical Method for Differentially Rotating Compressible Flows", Lobachevskii Journal of Mathematics, Vol. 44, No. 1, pp. 44–56 (2023) DOI: 10.1134/S1995080223010225 **(Q2)**
3. Topchiev, N. P.; Galper, A. M. Arkhangel'skaja, I. V. ; Arkhangel'skiy, A. I. ; Bakaldin, A. V. ; Chernysheva, I. V. ; Dalkarov, O. D. ; Egorov, A. E. ; Kheyimits, M. D. ; Korotkov, M. G. ; Leonov, A. A. ; Leonova, S. A. ; Malinin, A. G. ; Mikhailov, V. V. ; Minaev, P. Yu. ; Pappe, N. Yu. ; Suchkov, S. I. ; Yurkin, Yu. T.; Cosmophysical Research with GAMMA-400 // Physics of Atomic Nuclei, Volume 86, pp. 489–499 (2023); <https://doi.org/10.1134/S1063778823040361>; **(Q3)**
4. Shekotihin E.A., Pankov N.S., Pozanenko A.S., Belkin S.O.; Cross-Correlation Methods in Problem of Search and Identification of Transient Objects in Astronomical Images // Pattern Recognition and Image Analysis, v. 33, 2, pp. 157–168, (2023); <https://doi.org/10.1134/S1054661823020153>; **(Q3)**
5. Мкртчян А. А., Позаненко А. С., Минаев П. Ю.; Моделирование регистрации гамма-излучения сегментированными сцинтилляционными детекторами // Ученые записки физического факультета Московского Университета (подписано в печать)
6. Николенко И.В., Аршинкин С.С., Маслов И.А., Шенаврин В.И. Наблюдение Сверхновой SN2023ixf в июле 2023 г. // Научные труды Института астрономии РАН, том 8, выпуск 4, стр.183. DOI:10.51194/INASAN.2023.8.4.003 (принята в печать).
7. Бисноватый-Коган Г.С., Патраман Е., "Нейтронные звезды в приближении однородного шара", Астрономический журнал, 2023, т. 100, № 8, стр. 721-734
8. О. Д. Торопина, Г. С. Бисноватый-Коган, С. Г. Моисеенко, "Численное МГД моделирование лабораторных джетов в тороидальном магнитном поле", Астрономический Журнал, 2023, том 100, № 1, с. 6–18, (ИЦФМ)
9. Г. С. Бисноватый-Коган, А. М. Никишин, «Устранение Хаббловского несоответствия при наличии взаимосвязи тёмной энергии и материи в современной Вселенной», Астрономический Журнал, т. 100, №2, с. 133-143, 2023.
10. М.С. Крючков, И.А. Маслов, И.В. Николенко, В.И. Шенаврин. Горячая пыль кометы C/2017 K2 (PanSTARRS)// Астрономический циркуляр № 1654, 21.02.2023. DOI:10.24412/0236-2457-1654-1-7
11. Николенко И.В., Аршинкин С.С., Маслов И.А., Шенаврин В.И.3 Наблюдение сверхновой SN2023ixf в июле 2023 г. Научные труды Института астрономии АН. 2023, Том 8(4), 183-185

12. Николенко И.В., Аршинкин С.С., Маслов И.А. Разработка и создание поляриметра для телескопа Цейсс-1000 Научные труды Института астрономии АН. 2023, Том 8(6). с 255-257

### Статьи в сборниках материалов конференций

1. Мкртчян А. А., Позаненко А. С., Минаев П. Ю.; Моделирование сегментированного детектора для регистрации гамма-излучения // XX Конференция молодых ученых "Фундаментальные и прикладные космические исследования"; DOI: 10.21046/KMU-2023-108-114, 2023.
2. Плуа А. Kondratyev and Sergey G. Moiseenko, A semi-implicit multidimensional unstructured gas dynamical solver for astrophysical applications, 16th Marcel Grossmann Meeting, <https://doi.org/10.1142/13149>, p. 242, World Scientific, Singapore, 2023.
3. O. D. Toropina, M. M. Romanova and R. V. E. Lovelace, Magnetized neutron stars propagating through a non-uniform ISM, 16th Marcel Grossmann Meeting, <https://doi.org/10.1142/13149>, p. 255, World Scientific, Singapore, 2023.
4. M. V. Glushikhina and G. S. Bisnovaty-Kogan, Calculation of the kinetic coefficients of arbitrary degenerate electrons in magnetized dense matter, 16th Marcel Grossmann Meeting, <https://doi.org/10.1142/13149>, p. 264, World Scientific, Singapore, 2023.

### Доклады, тезисы, циркуляры

1. Стендовый доклад М. В. Глушихина, Г. С. Бисноватый-Коган. «Нелинейный эффект Холла в цилиндре» на конференции "Физика нейтронных звезд — 2023", 10-14 июля 2023 г., ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург. 2023 г.
2. Приглашенный доклад С.Г.Моисеенко, Г.С.Бисноватый-Коган «Магниторотационный механизм вспышек сверхновых» на конференции "Физика нейтронных звезд — 2023", 10-14 июля 2023 г., ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, 2023 г.
3. Устный доклад S.G.Moiseenko, I.A.Kondratiev «Development of semi-implicit numerical method on a moving grid for differentially rotating astrophysical MHD flows with self-gravity.» The Fifth Zeldovich meeting 12-16 June 2023, Yerevan, Armenia
4. Приглашенный доклад G.S.Bisnovaty-Kogan « Hubble Tension challenge in the modern cosmology: possible solutions» The Fifth Zeldovich meeting 12-16 June 2023, Yerevan, Armenia
5. Минаев П. Ю., Позаненко А. С., «GRB/GW 190425: Новые оценки энергетики», устный доклад, Школа-семинар «Магнитоплазменные процессы в релятивистской астрофизике», 3 - 7 июля 2023 г., Таруса
6. Бисноватый-Коган Г.С., ИКИ РАН «Электромагнитная гидродинамика», устный доклад, Школа-семинар «Магнитоплазменные процессы в релятивистской астрофизике», 3 - 7 июля 2023 г., Таруса
7. Моисеенко С. Г., «Механизм нарушения зеркальной симметрии при магниторотационном взрыве сверхновой» устный доклад, Школа-семинар

- «Магнитоплазменные процессы в релятивистской астрофизике», 3 - 7 июля 2023 г., Таруса
8. Кондратьев И. А., «Численное моделирование магниторотационной сверхновой с нарушением зеркальной симметрии», устный доклад, Школа-семинар «Магнитоплазменные процессы в релятивистской астрофизике», 3 - 7 июля 2023 г., Таруса
  9. Бисноватый-Коган Г.С. (ИКИ) «Нейтронные звезды в ОТО в приближении однородного шара» устный доклад Всероссийская конференция "Успехи Российской Астрофизики 2023: теория и эксперимент" , 15 декабря 2023г., ГАИШ, МГУ
  10. Кондратьев И.А., Моисеенко С.Г., Бисноватый-Коган Г.С. (ИКИ РАН) «Магниторотационные сверхновые -- нарушение зеркальной симметрии и возникновение быстролетающих нейтронных звезд» устный доклад Всероссийская конференция "Успехи Российской Астрофизики 2023: теория и эксперимент", 15 декабря 2023г., ГАИШ, МГУ
  11. Bisnovatjy-Kogan G.S. Glushikhina M.V. «Nonlinear Hall effect in a cylinder» устный доклад Isradynamics 2023, Ein Boqeq, Dead Sea, Israel, 7.03 - 14.03, 2023
  12. Moiseenko S.G., Kondratiev I.A. - Semi-implicit numerical method for simulation astrophysical MHD flows with self-gravity устный доклад Isradynamics 2023, Ein Boqeq, Dead Sea, Israel, 7.03 - 14.03, 2023
  13. Патраман Е. «Нейтронные звёзды в приближении однородного шара», устный доклад, Школа-семинар «Магнитоплазменные процессы в релятивистской астрофизике», 3-7 июля 2023 г., Таруса
  14. Пуга Kondratyev «2D simulations of magnetorotational supernova explosions with violated mirror symmetry», Challenges and Innovations in Computational Astrophysics – V, онлайн, 7-9 ноября 2023 (устный доклад)
  15. Kondratyev I.A., Moiseenko S.G., Bisnovatyi-Kogan G.S. “Magnetorotational supernova explosions: jets and violated mirror symmetry”, 6th Workshop on Numerical Modeling in MHD and Plasma Physics: Methods, Tools, and Outcomes. Москва, 11-12 октября 2023 (приглашенный доклад)
  16. Маслов И.А., Шенаврин В.И. Фотометрические наблюдения II Сер в ближней инфракрасной области спектра. // Всероссийская конференция с международным участием «Физика звёзд: теория и наблюдения» Москва, ГАИШ МГУ, 26-30 июня 2023 г. (устный доклад)
  17. Минаев П. Ю., Позаненко А. С., Каталог гамма-всплесков SPI-ACS/INTEGRAL // Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра, 18 - 21 декабря 2023 г., г. Москва (устный доклад)
  18. Мкртчян А. А., Позаненко А. С., Минаев П. Ю.; Моделирование сегментированного детектора для регистрации гамма-излучения // 65-й Всероссийская научная конференции МФТИ в честь 115-летия Л.Д. Ландау, (устный доклад)
  19. Мкртчян А. А., Позаненко А. С., Минаев П. Ю., Моделирование сегментированного детектора для регистрации гамма-излучения // Международная конференция «Ломоносов» - 2023. (устный доклад)
  20. Мкртчян А. А., Позаненко А. С., Минаев П. Ю., Моделирование сегментированного детектора для регистрации гамма-излучения // XX Конференция молодых учёных "Фундаментальные и прикладные космические исследования", (устный доклад)

21. Мкртчян А. А., Позаненко А. С., Минаев П. Ю., Моделирование сегментированного детектора для регистрации гамма-излучения // V Студенческая конференция "От ядер галактик до атомных масштабов" (устный доклад)
22. Мкртчян А. А., Позаненко А. С., Минаев П. Ю., Исследование возможности регистрации линейной поляризации гамма-излучения сегментированным сцинтилляционным детектором на борту микроспутника Чибис-АИ // HEA - 2023. Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра. (стендовый доклад)
23. Белкин, С. О. и др., Многоволновые наблюдения гамма-всплеска GRB 211023A и обнаружение сверхновой, ассоциированной с ним // XX Конференция Молодых Ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», ИКИ РАН, 12-14 апреля, 2023. (устный доклад)
24. Belkin, S. et al., GRB 181201A: Southern and Northern instruments facilitating the discovery of the supernova, international workshop «Multi-messenger astronomy in the BRICS framework», Online, December 5, 2023, (устный доклад)
25. Г.Ю. Мозгунов, А.С. Позаненко, П.Ю. Минаев, И.В. Человеков, С.А. Гребенев; Поиск астрофизических транзиентов на предельных временных масштабах и классификация по данным обсерватории INTEGRAL // XX Конференция молодых учёных «Фундаментальные и Прикладные Космические Исследования», 12-14 апреля 2023, ИКИ РАН, г. Москва (устный доклад)
26. Г.Ю. Мозгунов, А.С. Позаненко, П.Ю. Минаев, И.В. Человеков, С.А. Гребенев; Classification of long gamma-ray transients from INTEGRAL data using machine learning approach // Data Analytics and Management in Data Intensive Domains (DAMDID 2023), 24-27 октября 2023, ВШЭ, г. Москва (устный доклад)
27. Г. Мозгунов, А. Позаненко, П. Минаев, И. Человеков, С. Гребенев, Д. Свинкин, Ю. Темираев, А. Демин, Д. Фредерикс, А. Лысенко, А. Ридная; Применение методов машинного обучения для классификации сверхдлинных транзиентов в гамма-диапазоне, обнаруженных в данных эксперимента INTEGRAL // Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра, 18 - 21 декабря 2023, ИКИ РАН, г. Москва (устный доклад)
28. Панков Н. С. И др., Всероссийская конференция «Современные инструменты и методы в астрономии», доклад «AWARE: Приложение для планирования наблюдений оптических транзиентов», 04-09 сентября 2023 г., САО РАН, (устный доклад)
29. Pankov N.S. et al., The 9<sup>th</sup> BRICS Astronomy Working Group (BAWG), онлайн доклад «Alert Watcher and Astronomical Rapid Explorer (AWARE)», 16-19 октября 2023 г., Кейптаун, ЮАР. (устный доклад)
30. Щекотихин Е. А., Панков Н. С., Позаненко А. С., Минаев П. Ю., Белкин С. О., Вольнова А. А.; Применение нейронных сетей для поиска оптических транзиентов на астрономических изображениях методом вычитания // Конференция DAMDID 2023 24.10.2023 – 27.10.23 Москва, НИУ ВШЭ (устный доклад)
31. Щекотихин Е. А., Панков Н. С., Позаненко А. С., Минаев П. Ю., Белкин С. О., Вольнова А. А.; Нейронные сети в задаче вычитания астрономических изображений при поиске транзиентных источников // Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра 18.12.2023 - 21.12.2023 г. Москва, ИКИ РАН (стендовый доклад)
32. Вольнова А., Пружинская М.; «Search for transients in ZTF data with Active Anomaly Detection» // Рабочее совещание научной группы SNAD «SNAD-VI Workshop», 2-9 июля 2023 г. Антальяский университет Билим, Анталья, Турция (устный доклад)
33. Вольнова А., Алео П., Лаврухина А., Рюссей Э., Семенихин Т., Гангле Э., Ишида Э.Э.О., Корнилов М., Королёв В., Маланчев К., Пружинская М., Срижит С.



- «Exploring the Universe with SNAD: Anomaly Detection in Astronomy.»  
Международная конференция «Data Analytics and Management in Data Intensive Domains" (DAMDID/RCDL 2023)» 24-27 октября 2023 г., Высшая школа экономики, Москва, Россия (устный доклад)
34. Вольнова А., Алео П., Лаврухина А., Рюссей Э., Семенихин Т., Гангле Э., Ишида Э.Э.О., Корнилов М., Королёв В., Маланчев К., Пружинская М., Срижит С. «SNAD160: an example of the search for transients for BRICS astronomical projects» // Рабочее онлайн совещание «Multi-messenger astronomy in the BRICS framework», 5 декабря 2023 г., САО РАН, Н. Архыз, Россия (устный доклад)
  35. Вольнова А., Алео П., Лаврухина А., Рюссей Э., Семенихин Т., Гангле Э., Ишида Э.Э.О., Корнилов М., Королёв В., Маланчев К., Пружинская М., Срижит С. «Проект SNAD: 5 лет работы по поиску аномалий в астрономии» // Всероссийская конференция «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра - 2023», 18-21 декабря 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия (стендовый доклад)
  36. Вольнова А., Ушакова М., Позаненко А., Блинные С., Бакланов П., Татарников А.; «Моделирование многоцветных кривых блеска сверхновой SN 2017iuk/GRB 171205A: сценарий магнетара или обратное падение оболочки?» // Всероссийская конференция «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра - 2023», 18-21 декабря 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия (стендовый доклад)
  37. Е. Мазаева, А. Позаненко, Н. Панков, П. Минаев, С. Белкин, А. Вольнова, Е. Клунко, Р. Инасаридзе, И. Николенко; «Поиск оптического компонента гамма-всплеска GRB190425, ассоциированного со слиянием нейтронных звезд LIGO/Virgo GW190425z» // Всероссийская конференция "Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра - 2023" (HEA-2023), 18.12 - 21.12 2023 г. Москва, ИКИ РАН (стендовый доклад)
  38. А. Pozanenko; Pipelines in planning and data reduction of wide field optical surveys // AstroRob 2023 conference (Oct 16-20), Malaga, Spain (устный онлайн доклад)
  39. А. Pozanenko et al., «Practice and search results for electromagnetic counterparts of LIGO/Virgo/KAGRA» // The 9<sup>th</sup> BRICS Astronomy Working Group (BAWG), 16-19 октября 2023 г., Кейптаун, ЮАР, (устный онлайн доклад)