

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**АСТРОФИЗИКА
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА**

ИКИ РАН
heea

23-26 декабря 2024

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Международная астрофизическая конференция

**АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА (HEA-2024)**

23-26 декабря 2024 г.

проводится при финансовой поддержке:

Института Космических Исследований Российской Академии Наук

Москва

2024

ТЕМАТИКА конференции традиционно охватывает широкий круг вопросов, в том числе наиболее актуальные результаты действующих космических и наземных обсерваторий, а также статус и научные задачи будущих миссий. Основные темы конференции:

- Космология и физика ранней Вселенной
- Скопления галактик
- Галактики, активные ядра галактик
- Компактные объекты, аккреция, рентгеновские двойные
- Сверхновые, остатки сверхновых, гамма-всплески
- Космические лучи и нейтрино
- Текущие и будущие космические проекты

Текущий, 2024, год является юбилейным как для Российской академии наук, которой в этом году исполнилось 300 лет, так и для отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН. Отдел Астрофизики высоких энергий был основан в 1974 году и в этом году отмечает свое 50-летие. За это время в отделе были реализованы четыре проекта орбитальных астрофизических обсерваторий - «Рентген» на модуле КВАНТ станции МИР (1987–2001), «Гранат» (1989–1998), ИНТЕГРАЛ (2002 — н/вр), Спектр-РГ (2019 — н/вр), опубликованы тысячи статей, в которых представлены результаты мирового уровня. В 1989 году, 35 лет назад, была запущена на орбиту рентгеновская обсерватория «Гранат». Научные результаты, полученные при помощи обсерватории, вошли в историю мировой астрофизики. В июле исполнилось 5 лет с момента начала работы обсерватории Спектр-РГ на орбите. С использованием данных обсерватории уже получены уникальные рентгеновские карты неба, зарегистрировано несколько миллионов рентгеновских источников, и т.д. Обсерватория продолжает свою работу, ежедневно отправляя на Землю бесценные научные данные. В этом году также исполняется:

- 110 лет со дня рождения академика Якова Борисовича Зельдовича, одного из авторитетнейших физиков XX века, выдающегося специалиста в области ядерной физики, астрофизики и космологии, основателя отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН;
- 65 лет со дня рождения Михаила Николаевича Павлинского, заведующего отделом Астрофизики высоких энергий и заместителя директора ИКИ РАН. Его детище — первый в России зеркальный рентгеновский телескоп ART-XC на борту обсерватории Спектр-РГ;
- 50 лет со дня рождения Михаила Геннадьевича Ревнивцева, заведующего лабораторией ИКИ РАН, ученого с мировым именем в области астрофизики высоких энергий, предложившего идею эксперимента МВН («Монитор Всего Неба») по измерению космического рентгеновского фона с высокой точностью. В декабре 2024 г. МВН был успешно установлен на внешней обшивке МКС.

Конференция проводится отделом Астрофизики Высоких Энергий ИКИ РАН.

Программный комитет:

Член-корр. А.А. Лутовинов(председатель), д.ф.-м.н.
А.А. Вихлинин, академик М.Р. Гильфанов, д.ф.-м.н. С.А. Гребенев,
профессор РАН д.ф.-м.н. С.Ю. Сазонов, академик Р.А. Сюняев,
академик Е.М. Чуразов.

Организационный комитет:

А.А. Лутовинов (председатель), А.Е. Штыковский (зам.
председателя), Н.Л. Александрович, М.И. Бельведерский,
А.С. Горбан, И.А. Зазнобин, Е.И. Захаров, А.А. Кирпиченкова,
Р.А. Кривонос, А.А. Круглов, М.С. Лапина, А.А. Мухин,
В.О. Незабудкин, С.А. Прохоренко, А.Ф. Рыбакова,
А.Д. Самородова, Д.В. Сербинов, Е.А. Токарева, Г.С. Усков

Редакторы:

А. Калдыбекова, В.О. Незабудкин

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

Chen Chien-Ting (Universities Space Research Association)

Multiwavelength Properties of Hard X-ray selected AGN in the ART-XC NEP Survey // Chen Chien-Ting

We will report the status of the Astronomical Roentgen Telescope X-ray Concentrator (ART-XC) survey in the North Ecliptic Pole (NEP) region. ART-XC is a hard X-ray instrument onboard the Spectrum Röntgen Gamma (SRG) mission, the observations of the ecliptic pole regions have reached exceptional depth thanks to the survey design of overlapping exposure in these regions over the course of the SRG's all-sky survey mission. The unique area-depth combination of the ART-XC NEP survey probes a population of hard X-ray selected sources yet to be explored by existing hard X-ray instruments. We will discuss the hard X-ray source catalog detected using the ART-XC data in the NEP region, and the multiwavelength data for the ART-XC sources, including unique targets identified by ART-XC and results from follow-up spectroscopic observations with the Palomar Observatory and NuSTAR.

Feng Hua (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences)

Techniques and future mission concepts for MeV astrophysics // Feng Hua

MeV astrophysics is a window that is largely unexplored due to technical difficulties. I will briefly describe several techniques being developed at IHEP and Tsinghua University dedicated for future astrophysical MeV detection, including double-sided silicon detectors, 3D position sensitive cadmium zinc telluride (CZT) detectors, and transition-edge sensors (TES) optimal for high-resolution spectroscopy. I will also introduce mission concepts based on these techniques.

Mickaelian Areg (National Academy of Sciences of the Republic of Armenia (NAS RA) V. Ambartsumian Byurakan Astrophysical Observatory (BAO))

Multiwavelength Search and Studies of Active Galaxies using Large Surveys and Databases // Mickaelian Areg

Among the main tasks of modern Astrophysics is the understanding of the evolution of galaxies, the revelation of physical properties of Active Galaxies and their energetic resources. The activity of galaxies is especially vigorously manifested in early stages of their evolution, therefore comprehensive studies of Active Galaxies are the basis for understanding the evolution of galaxies. Based on large samples of optical (opt), X-ray, ultraviolet (UV), infrared (IR) and radio sources, we carry out search and studies of Active Galaxies. They include morphological, spectroscopic, statistical and other studies for individual AGN, interacting pairs/multiples and merging galaxies and large samples. We reveal many new AGN, high-luminosity IR galaxies, variable sources, etc. The physical properties of active galaxies will be studied, in particular the star formation rate and the relationship between X-ray/UV/opt/IR/radio. A large homogeneous multi-wavelength catalog of active galaxies will be released.

Narek Sahakyan (ICRANet-Armenia IO)

Advanced Modeling of Blazar Multimessenger Emission Using Neural Networks // Narek Sahakyan

I will present a pioneering effort in employing a Convolutional Neural Network (CNN) for the efficient modeling of blazar emissions. Blazars are among the most powerful extragalactic sources, emitting across the entire electromagnetic spectrum, from radio to very high-energy gamma-ray bands. As significant sources of non-thermal radiation, blazars are frequently monitored by various telescopes, leading to the accumulation of substantial multi-wavelength data over different time periods. Also, over the years, the complexity of models of blazar emission has dramatically increased which hinders parameter exploration and makes data interpretation through model fitting challenging. By training the CNN on lepton-hadronic emission models generated for a set of models computed with the kinetic code SOPRANO, which considers the interaction of initial and all secondary particles, the resultant CNN can accurately model the radiative signatures of electron/proton interactions in relativistic jets. This CNN-based approach significantly reduces computational time, thereby enabling fitting to multi-wavelength (photons) and multi-messenger (neutrinos) datasets. The adoption of this AI-driven methodology enables self-consistent modeling of blazar emissions, offering profound insights into their underlying physics and potentially uncovering new astrophysical phenomena. I will present and discuss several results where these networks have been used to model multi-wavelength, multi-temporal data from blazar observations. I will also introduce AstroLLM—a specialized language model that leverages

Retrieval-Augmented Generation (RAG) techniques to access and process astrophysical literature. AstroLLM provides researchers with deep, specific insights into astrophysical phenomena, can retrieve multiwavelength and multimessenger data, and perform advanced modeling of spectral energy distributions using neural networks.

Steven Ehlert (NASA Marshall Space Flight Center)

A Review of IXPE Results for Blazars and Radio Loud AGN
// Steven Ehlert

The prime mission of the Imaging X-ray Polarimetry Explorer (IXPE) has provided the first measurements of the polarization for blazar jets and active galactic nuclei in the X-ray band, observing thirteen blazars during its first two years of observations. With these data, a clear picture of the physical processes driving the X-ray emission and particle acceleration in blazars is emerging. This talk will review the results obtained with IXPE thus far, how they inform the larger questions of particle acceleration in blazar jets, and which further questions will require further observations.

Tao Lian (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences)

Introduction to the Chasing All Transients Constellation Hunters (CATCH) space mission // Tao Lian

The operation of multi-wavelength survey telescopes will lead to the discovery of numerous transient sources. To fully understand the properties of these transients, follow-up observations, especially in the X-ray band, will play a crucial role. However, the lack of X-ray telescopes is a major obstacle to carrying out follow-up observations. The Chasing All Transients Constellation Hunters (CATCH) mission is a space mission designed to address this problem. CATCH aims to deploy more than a hundred microsattellites with lightweight X-ray optics, provide robust observing capabilities through intelligent control, and perform fast, all-sky, continuous, multi-target, multi-parameter (spectroscopic, timing, imaging, polarization) and flexible field of view follow-up observations of transients. CATCH is expected to make significant discoveries in the era of time-domain astronomy. This presentation will primarily focus on the development progress and future plans of CATCH.

Xiong Shaolin (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences)

Introduction to the Chasing All Transients Constellation

Hunters (CATCH) space mission // Xiong Shaolin

Gravitational wave high-energy Electromagnetic Counterpart All-sky Monitor (GECAM) is a constellation composed of four x-ray/gamma-ray monitors on different spacecrafts, dedicated to observe high energy transients, including GRBs (especially those associated with GW and HEN) and SGRs (especially those associated with FRB). Thanks to its novel design, GECAM has accurately detected some interesting events, including the extremely bright GRBs (GRB 221009A and GRB 230307A) and magnetar bursts associated with radio bursts. In this talk I will give a brief overview of GECAM and observation results.

Zhang Shuang-Nan (Institute of High Energy Physics,
Chinese Academy of Sciences)

Highlights of the Scientific Results of the Insight-HXMT Mission // Zhang Shuang-Nan

I will present the highlights of the scientific results of the Insight-HXMT X-ray astronomy mission, which was launched in 2017 and will operate for several more years. I will also briefly mention several new space high energy astrophysics missions of IHEP, which will be launched between 2027 and 2030.

Балашев Сергей (Физико-технический институт им.
А.Ф. Иоффе РАН)

Влияние излучения квазара на газ налетающей галактики при крупном слиянии // С. Балашев

Квazarы, одни из самых ярких объектов во Вселенной, поддерживаются аккрецией газа на сверхмассивную чёрную дыру. Предполагается, что слияния галактик играют важную роль в росте массы сверхмассивных черных дыр, а инициируемая слиянием активная фаза аккреции оказывает существенное влияние на родительскую и окружающие квазар галактики. Однако имеется значительный недостаток наблюдательных свидетельств эффекта обратной связи на крупномасштабные свойства галактик, а также мелкомасштабную структуру газа в них. В работе представлен анализ наблюдений найденного нами крупного слияния галактик на красном смещении $z \approx 2.6$ (соответствующему возрасту Вселенной около 2 миллиардов лет), в котором показано прямое воздействие излучения квазара на межзвёздную среду галактики-компаньона. Наблюдения, полученные с помощью телескопов VLT/X-shooter, Subaru, а также интерферометров NOEMA и ALMA (с высоким пространственным разрешением < 0.2 угловых секунды) показывают, что

галактика-компаньон и родительская галактика квазара, расположенные на расстоянии порядка нескольких кпк друг от друга, сближаются со скоростью порядка 500 км/с, и имеют массы молекулярного газа и звёздного населения порядка 10^{10} и 10^{11} масс Солнца соответственно. При этом луч зрения на квазар (а следовательно, и конус-излучения квазара) пронизывает галактику-компаньон, что позволяет получить, используя абсорбционные спектры, детальную информации о нейтральном и молекулярном газе в галактике-компаньоне, находящимся под сильным влиянием излучения квазара. Данные VLT/X-shooter показывают, что молекулярный газ на луче зрения находится в поле УФ излучения в > 1000 раз выше, чем поле Матиса (соответствующее значению в МЗС около Солнца), и с плотностью $\sim 10^5 \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$, что на несколько порядков больше, чем значения для диффузного газа, который обычно детектируется в абсорбции. Мы делаем вывод, что практически весь газ галактики-компаньона, попавший в конус излучения квазара, переведён в режим фотоионизационной/фотодиссоционной областей (наблюдаемых локально в молекулярных облаках вблизи молодых горячих звёзд), при этом значительная часть молекулярного газа, подверглась фотодиссоциации, оставив после себя лишь плотные и компактные фрагменты. Представленные наблюдения показывают важную роль крупных слияний галактик как для процесса формирования квазаров, так и радикального изменения внутренней структуры газа в областях, подвергшихся прямому воздействию излучения квазара. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 23-12-00166.

Барков Максим (Институт астрономии РАН)

3D relativistic MHD simulations of the gamma-ray binaries
// М. Барков

In gamma-ray binaries neutron star is orbiting a companion that produces a strong stellar wind. We demonstrate that observed properties of 'stellar wind'-'pulsar wind' interaction depend both on the overall wind thrust ratio, as well as more subtle geometrical factors: the relative direction of the pulsar's spin, the plane of the orbit, the direction of motion, and the instantaneous line of sight. Using fully 3D relativistic magnetohydrodynamical simulations we find that the resulting intrinsic morphologies can be significantly orbital phase-dependent: a given system may change from tailward-open to tailward-closed shapes. As a result, the region of unshocked pulsar wind can change by an order of magnitude over a quarter of the orbit. We calculate radiation maps and synthetic light curves for synchrotron (X-ray) and inverse-Compton emission (GeV-TeV), taking into account $\gamma - \gamma$ absorption. Our modelled light curves are in agreement with the phase-dependent observed light curves of LS5039.

Бельведерский Михаил (Институт космических исследований РАН)

Поиск кандидатов в сильно поглощенные АЯГ с доминирующим отраженным излучением по данным обзора SRG/eROSITA области Дыры Локмана
// М. Бельведерский

Дыра Локмана – область на небе с минимальной концентрацией нейтрального водорода на луче зрения (Локман, 1986). Эта уникальная характеристика позволяет производить глубокие наблюдения источников с минимальным искажением их спектров по причине галактического поглощения. Телескоп SRG/eROSITA произвел глубокий обзор области Дыры Локмана (среднее время экспозиции ~ 8 килосекунд) в ходе верификационной фазы в 2019 году. В работе представлены результаты поиска кандидатов в активные ядра галактик (АЯГ), оптически толстых по Томсоновскому рассеянию, путем прямого анализа их рентгеновских спектров.

Бикмаев Ильфан (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

Оптические отождествления и исследования параметров рентгеновских источников SRG по наблюдениям на РТТ-150 // И. Бикмаев

В докладе будут представлены результаты оптических отождествлений на РТТ-150 рентгеновских источников обсерватории “Спектр-Рентген-Гамма” (SRG), обнаруженных телескопами eROSITA и ART-XC им. М.Н.Павлинского. Наблюдения на РТТ-150 по наземной поддержке SRG выполняются в рамках программ оптических отождествлений различных типов источников – массивных скоплений галактик, галактик с активными ядрами и квазаров, тесных двойных звездных систем, звезд с корональной активностью. Отдельная часть доклада будет посвящена результатам исследования физических параметров холодных звезд с корональной активностью в нескольких близких рассеянных скоплениях и в окрестностях Солнца в пределах 30 парсек. Будут представлены результаты высокоточных астрометрических наблюдений КА SRG на РТТ-150 с целью контроля орбиты спутника.

Бунтов Михаил (Институт космических исследований РАН)

Бортовой комплекс управления рентгеновским

телескопом ART-XC. Особенности реализации и результаты работы на орбите // М. Бунтов

Описывается комплекс программно-аппаратных и конструктивных средств, обеспечивающий управление телескопом ART-XC в полете. Рассмотрены следующие функциональные части:

- система обеспечения теплового режима (БУСОТР + элементы СОТР)
- организация командно-информационного обмена и хранения научных данных большого объема (ССОИ)
- калибровочные источники (МУП + БКИ)

Приведена блок-схема электрических и информационных связей телескопа ART-XC с сопрягаемыми системами БКУ КА Навигатор. Основное внимание уделяется конструкции и реализации приборов ART-XC в части:

- поддержания точной и стабильной температуры рентгеновской оптики (РЗО) и детекторов (КРД),
- функционирование памяти большого объема на базе NAND FLASH,
- работа калибровочных источников,
- используемые программные и аппаратные методы парирования радиационных эффектов,
- рассмотрены роль и работа отдельных составных частей БКУ платформы Навигатор, участвующих в управлении телескопом ART-XC.
- возможности по привязке данных ART-XC к шкале времени.

Быков Андрей (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Рентгеновская поляриметрия остатков сверхновых: взгляд внутрь процесса ускорения частиц // А. Быков

Орбитальный рентгеновский поляриметр IXPE детектировал поляризованное синхротронное излучение от молодых остатков сверхновых Cas A, SN 1006, Tycho's SNR, RX J1713.7-3946, Vela Jr. Наблюдения показали преимущественно радиальное направление магнитного поля у первых трех остатков, и преимущественно тангенциальное направление, по отношению к оболочке в двух последних. В докладе обсуждаются механизмы происхождения поляризованного рентгеновского излучения и возможности диагностики магнитной турбулентности с масштабами много меньше пространственного разрешения рентгеновских телескопов, на основе наблюдений IXPE.

Веледина Александра (University of Turku/Nordita)

Поляриметрия чёрных дыр // А. Веледина

Недавние исследования поляризации аккрецирующих черных дыр в рентгеновском диапазоне с помощью спутника IXPE выявили фундаментальные расхождения широко используемых моделей излучения и геометрии горячего вещества в этих объектах с наблюдательными данными. Это стимулировало разработку новых подходов к изучению черных дыр в рентгеновских двойных системах и в центрах активных галактик. В докладе будут представлены результаты первых двух лет наблюдений IXPE, описано современное понимание физических механизмов в этих системах, а также очерчены основные наблюдательные свойства, которые пока остаются за гранью понимания.

Вольнова Алина (Институт космических исследований РАН)

Статистика сверхновых, ассоциированных с гамма-всплесками, в зависимости от расстояния
// А. Вольнова

Четверть века исследований оптических компонентов космических гамма-всплесков помогла установить надёжную наблюдательную связь между длинными гамма-всплесками и сверхновыми типа Ia. С момента первого обнаружения сверхновой SN 1998bw, ассоциированной с гамма-всплеском GRB 980425, было открыто несколько десятков ассоциаций между гамма-всплесками и сверхновыми, примерно половина из них имеет спектроскопическое подтверждение сверхновой типа Ia. Имеющаяся статистика показывает, что большинство длинных гамма-всплесков (до расстояний, эквивалентных красному смещению 0.3) имеют признак сверхновой в кривой блеска. Однако существует несколько примеров близких длинных всплесков (например, GRB 191019A), в которых, несмотря на длительный мониторинг, не было обнаружено сверхновой. Было предложено объяснять появление таких «уродцев» слиянием двойных нейтронных звезд. Для того, чтобы понять, действительно ли такие близкие гамма-всплески принадлежат другому классу гамма-всплесков, имеющих прародителями слияние двойных нейтронных звезд, в работе сравнивается распределение сверхновых, ассоциированных с гамма-всплесками, и распределение длинных гамма-всплесков относительно красного смещения источников гамма-всплесков.

Галиуллин Ильхам (Институт космических исследований РАН)

SRGeJ041130.3+685350: Новая затменная катаклизмическая переменная типа period-bouncer, открытая в обзоре всего неба SRG/eROSITA // И. Галиуллин

Катаклизмические переменные (КП), у которых в ходе эволюции орбитальный период достиг минимального значения и снова стал увеличиваться должны быть системами состоящими из белого и коричневого карликов (так называемые КП типа period bouncer). Хотя модели популяционного синтеза предсказывают, что около 40–70 % от общего числа КП в Галактике являются системами типа period-bouncer, на данный момент известно всего лишь несколько десятков подтвержденных объектов. В работе исследуется источник, SRGeJ041130.3+685350 (SRGeJ0411), открытый в ходе совместной программы по поиску КП по данным рентгеновской обсерватории SRG/eROSITA и наземной оптической системы ZTF. В оптическом спектре SRGeJ0411 видны яркие эмиссионные линии водорода и гелия, характерные для КП. SRGeJ0411 является переменным источником с орбитальным периодом около ≈ 97.5 минут. Анализ спектрального распределения энергии и зависимость периода от плотности для звезды-донора указывают на то, что ее эффективная температура 1.800 К, а масса $0.04M$, что характерно для коричневых карликов. Параметры двойной системы SRGeJ0411 согласуются с эволюционными моделями для КП, у которых в ходе эволюции орбитальный период достиг минимального значения и снова стал увеличиваться. Рентгеновский спектр источника аппроксимируется степенной моделью с плоским фотонным индексом ~ 1.2 , ранее наблюдавшийся в КП с замагниченными белыми карликами, однако проверка магнитной природы SRGeJ0411 требует дальнейшего исследования. Открытие источника SRGeJ0411 при помощи совместных данных рентгеновского и оптического обзоров неба демонстрирует возможность обнаружения подобных систем в ближайшем будущем.

Гарасёв Михаил (Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН)

Сверхдлинное численное моделирование магнитостатической турбулентности в релятивистских бесстолкновительных ударных волнах // М. Гарасёв

В докладе будут представлены новые подходы к численному моделированию распространения бесстолкновительных ударных волн методом частиц в ячейках. С их помощью был осуществлен ряд сверхдлинных (сотни тысяч плазменных времен) расчетов развития магнитных полей

вблизи фронта ударной волны в электрон-позитронной релятивистской плазме, с параметрами, характерными для источников гамма-всплесков. Будут проанализированы результаты этих расчетов, в частности рассмотрены особенности возникающего магнитостатического поля в различных областях ударной волны по отношению к её фронту.

Горбачев Марк (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

Вспышечная активность звезд в пределах 30 парсек по данным космического телескопа TESS для выборки звезд с рентгеном из каталога SRG/eROSITA // М. Горбачев

Каталог рентгеновских источников, обнаруженных телескопом eROSITA в ходе четырёх обзоров всего неба содержит значительное количество звезд нашей Галактики. Оптическое отождествление рентгеновских источников eROSITA выполнено по сопоставлению с каталогом GAIA DR3. В работе рассматривается область в пределах 30 парсек, на восточном галактическом полушарии, за обработку данных которого отвечает российский консорциум телескопа eROSITA (около 5 тысяч звезд с l от 0 до 180 градусов). Для исследования оптической вспышечной активности рентгеновской выборки были использованы данные космической обсерватории TESS. Реализация таких проектов, как TESS, открывает перед нами новые возможности, позволяя практически непрерывно вести наблюдения за звездами на протяжении длительного периода времени с высоким временным разрешением, а большой объем накопленных данных наблюдений TESS позволяет проводить различные статистические исследования.

Звездные вспышки являются наиболее яркими представителями множества различных явлений, обусловленных магнитной активностью звезд. Анализ доступных кривых блеска TESS с 120-секундным временным разрешением позволил выделить более 5000 оптических вспышек на 698 звездах с рентгеновской активностью. В тоже время в выборке из 929 звезд с рентгеном ниже порога чувствительности eROSITA выделено менее 1000 событий. Диапазон энергий зафиксированных оптических вспышек лежит в пределах от 10^{30} до 10^{35} эрг.

В докладе будут показаны предварительные результаты анализа выделенных вспышек и продемонстрированы наиболее типичные из них, а также результаты сравнения вспышечной активности рентгеновских звезд и выборки звезд ниже чувствительности телескопа eROSITA.

Гребенев Сергей (Институт космических исследований РАН)

Искажения радиоизлучения космического фона, галактик скопления и быстрых радиовсплесков из-за комптоновского рассеяния // С. Гребенев

Комптоновское рассеяние на электронах горячего межгалактического газа в скоплениях галактик должно приводить к повышению космического фонового радиоизлучения в этом направлении, компенсирующему известное понижение микроволнового фонового (реликтового) излучения на более высоких частотах (эффект Сюняева-Зельдовича). Измерению этого избытка в ряде случаев будет препятствовать тормозное излучение газа и рассеянное радиоизлучение галактик скопления, связанное с их былой активностью, а также синхротронное излучение ускоренных релятивистских электронов. Эти компоненты излучения ослаблены у далеких скоплений. Также, их разделению могут способствовать различия в морфологии разных компонент излучения. В частности, предсказано появление необычного "гибридного" источника (яркого узкого пятна тормозного излучения, окруженного темным кольцом) на карте флуктуаций фона на месте скопления при переходе вдоль оси частот от недостатка к избытку фотонов. К подавлению рассеянного излучения ярких галактик на низких частотах может приводить индуцированное комптоновское рассеяние. Этот же эффект (индуцированного рассеяния) в ряде случаев может приводить к подавлению низкочастотного (< 300 МГц) излучения быстрых радиовсплесков (FRBs), что объясняет относительную редкость регистрации подобных низкочастотных событий.

Деришев Евгений (Институт прикладной физики РАН)

О свойствах магнитной турбулентности в ударной волне от гамма-всплесков // Е. Деришев

Послесвечение гамма-всплесков рождается в области за фронтом релятивистской ударной волны. Численное моделирование ударных волн демонстрирует развитую магнитную турбулентность за фронтом. Однако технически достижимые параметры численных моделей на много порядков отстают от тех значений, которые характерны для гамма-всплесков, так что экстраполяция затруднительна и ненадежна. В докладе рассмотрены общие ограничения на некоторые свойства магнитной турбулентности, полученные исходя из данных наблюдений и требования разумной энергоэффективности. Оказывается, что магнитная турбулентность в излучающей области послесвечения гамма-всплесков существенно нелинейна, что приводит к значительному изменению спектра синхротронного излучения отдельных частиц. В то же время, боровская диффузия обеспечивает справедливость однозонного приближения за счёт переноса

излучающих частиц между локальными неоднородностями магнитного поля.

Зюзин Дмитрий (Институт прикладной физики РАН)

Поиск пульсаров в рентгеновском диапазоне с помощью SRG/eROSITA // Д. Зюзин

Наблюдения радио- и гамма-пульсаров в рентгеновском диапазоне являются важной частью многоволновых исследований с целью определения их параметров и плохо известных фундаментальных свойств сверхплотного вещества в недрах нейтронных звезд. На данный момент в рентгеновском диапазоне обнаружено около сотни объектов из более чем 3700 известных пульсаров. В докладе представлены результаты отождествлений пульсаров из каталога ATNF в рентгеновском диапазоне по данным обзора, проведенного обсерваторией Спектр-Рентген-Гамма на инструменте eROSITA (в российской части неба). Впервые рентгеновское излучение обнаружено от восьми пульсаров. Также в обзоре детектируются около пятидесяти пульсаров из числа обнаруженных в рентгеновском диапазоне ранее. Кроме того, мы представляем результаты весьма вероятных рентгеновских отождествлений трех неидентифицированных гамма-источников, – потенциальных радиопульсаров: 4FGL J1838+3223, 4FGL J2054.2+6904 и 4FGL J1544-2554. Найденные eROSITA объекты отождествлены в оптическом диапазоне и исследованы нами на различных оптических телескопах. Получены и проанализированы оптические кривые блеска, рентгеновские спектры и оценены светимости. Показано, что все три объекта являются хорошими кандидатами в неаккрецирующие миллисекундные пульсары в тесных двойных системах с маломассивной звездой. Получены ограничения на параметры этих систем и их компонент.

Иванчик Александр (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Космологические нейтрино от Большого Взрыва до наших дней // А. Иванчик

В предлагаемом докладе обсуждается влияние физических свойств активных и стерильных нейтрино на эволюцию Вселенной от Большого взрыва до наших дней. Будучи второй по распространенности частицей во Вселенной, нейтрино оказывают значительное влияние на ее эволюцию. Нейтрино влияют на скорость расширения Вселенной, ее химический и изотопный состав, анизотропию СМВ и формирование крупномасштабной структуры Вселенной. Теоретически предсказан еще один реликтовый нейтринный фон, состоящий из неравновесных антинейтрино первичного нуклеосинтеза, возникающих в результате распада нейтронов и ядер трития. Такие антинейтрино являются индикатором

барионной асимметрии Вселенной. Помимо экспериментально обнаруживаемых активных нейтрино, теоретически предсказывается существование стерильных нейтрино, которые порождают массы нейтрино и объясняют их осцилляции. Стерильные нейтрино могут также решить такие космологические проблемы, как барионная асимметрия Вселенной и природа темной материи. Последние результаты нескольких независимых экспериментов указывают на возможность существования легкого ($\sim 1 - 3$ эВ) стерильного нейтрино. Однако существование такого нейтрино не согласуется с предсказаниями Стандартной космологической модели. Включение ненулевой лептонной асимметрии Вселенной и/или увеличение плотности энергии активных нейтрино может устранить эти противоречия и примирить возможное существование стерильных нейтрино с первичным нуклеосинтезом, анизотропией реликтового излучения, а также смягчить проблему «Н0». Работа поддержана грантом РФФ 23-12-00166.

Кочаровский Владимир (Институт прикладной физики
им. А.В. Гапонова-Грехова РАН)

*Особенности структуры источника и механизма
генерации излучения радиопульсара PSR B0329+54 по
данным корреляционного анализа его динамического
спектра // В. Кочаровский*

На основе корреляционного анализа динамического спектра радиопульсара PSR B0329+54 оригинальным методом периодических главных компонент, примененным к 12 сериям наблюдений февраля-марта 2024 г. радиотелескопом ПРАО АКЦ ФИАН вблизи частоты 111 МГц в полосе 2,5 МГц, показана возможность выделения до 9 составляющих поляризованного импульсного излучения. Определена степень корреляции между ними и найдены период их модуляции фарадеевского типа, относительная фаза и скорость частотно-временного чирпа. Установлено, что указанные величины для отдельных составляющих импульса радиоизлучения в ряде серий наблюдений значительно различаются. Найденные различия, в том числе мер вращения плоскости поляризации отдельных составляющих, позволяют судить о структуре и движении соответствующих источников излучения и накладывают определенные ограничения на механизм его генерации. Работа поддержана грантом РФФ № 23-62-10043.

Кривонос Роман (Институт космических исследований
РАН)

Рентгеновский фон Галактики // Р. Кривонос

В данном обзорном докладе будет представлена краткая история феномена рентгеновского фона Галактики с самого начала рентгеновских наблюдений и до наших дней. Особенно будет рассмотрен период середины "нулевых", когда парадигма происхождения данного излучения кардинально изменилась после работ Михаила Ревнивцева по анализу данных обсерватории RXTE, за что он получил в 2008 году премию Президента РФ в области науки. В последующие годы природа происхождения фона Галактики уточнялась многими рентгеновскими миссиями. В докладе также будут представлены недавние результаты, полученные по многолетним данным обсерватории ИНТЕГРАЛ и некоторые предварительные результаты, полученные по данным работы телескопа ART-XC им. Павлинского в центральной части Галактики.

Курдубов Сергей (Институт прикладной астрономии
РАН)

Рентгеновский фон Галактики // С. Курдубов

В данной работе представлены результаты наблюдений гигантских импульсов от пульсара B0531+21 (пульсар Крабовидной туманности), проведенных в Институте прикладной астрономии Российской академии наук (ИПА РАН). Основной целью исследования было создание отечественного сервиса мониторинга и расчет эфемерид для этого пульсара. Наблюдения начались в середине 2023 года с использованием радиотелескопов RT-13 сети "Квazar-KBO", работающих в диапазонах S, X и Ka.

Применялась РСДБ система регистрации совместно со специально разработанным программным обеспечением. Был создан сервис мониторинга гигантских импульсов, который на протяжении более полутора лет предоставляет еженедельные эфемериды пульсара. Период и его производная определялись отдельно по данным тайминга отдельных импульсов. Полученные результаты демонстрируют высокую точность определения периода, согласующуюся с данными Обсерватории Джодрелл-Бэнк, с среднеквадратичным отклонением в 7 пикосекунд. Моменты прихода импульса согласуются с точностью 90мкс СКО.

Лыскова Наталья (Институт космических исследований
РАН)

*Массивное скопление галактик "Reanit" на $z = 0.42$,
"пойманное" в редкой фазе слияния - сразу после
прохождения перицентра* // Н. Лыскова

Массивные скопления галактик очень редки в наблюдаемой Вселенной. Еще реже наблюдаются слияния таких скоплений вблизи прохождения перицентра.

В данном докладе речь пойдет именно о таком случае: о массивном $\sim 10^{15} M_{\odot}$ и горячем $kT \sim 10$ кэВ скоплении CL0238.3+2005 на красном смещении $z=0.42$, которому мы дали имя “Peanut” в связи со схожестью морфологии скопления в рентгеновском диапазоне длин волн с плодом арахиса. На основе рентгеновских данных SRG/eROSITA и Chandra, оптических изображений DESI и спектроскопии с телескопов BTA и RGT-150 мы оценили скорость слияния субгало, расстояние между ними и вероятный диапазон углов, под которым мы наблюдаем систему. Имеющиеся наблюдательные данные, а также сравнение Peanut с такими известными скоплениями, как MACS0416 и Bullet, позволяют заключить, что CL0238 недавно (всего < 100 миллионов лет назад) претерпело практически лобовое слияние, и что эта система является очень редким случаем и перспективной мишенью для задач гравитационного линзирования, измерений кинематического эффекта Сюняева-Зельдовича, а также для ограничения свойств темной материи.

Мещеряков Александр (Институт космических исследований РАН)

Машинное обучение и SRG/eROSITA: результаты и перспективы уточнения photo-z рентгеновских квазаров
// А. Мещеряков

В докладе будет дан обзор современных методов машинного обучения для измерения фотометрических красных смещений (photo-z) точечных источников (рентгеновских квазаров) в обзоре всего неба SRG/eROSITA на восточной (SRGz) и западной (PICZL, CircleZ) галактической полусфере. Будут обсуждаться достигнутые результаты по точности измерений photo-z рентгеновских источников в области покрытия фотометрического обзора DESI Legacy Imaging Surveys, достигнутые в каталоге SRGz-eRosita, и дальнейшие перспективы для уточнения трехмерной карты крупномасштабной структуры рентгеновских источников.

Минаев Павел (Институт космических исследований РАН)

GRB 231115A – гигантская вспышка магнитара в галактике M 82 // П. Минаев

Работа посвящена исследованию гигантской вспышки GRB 231115A внегалактического источника мягких повторных гамма-всплесков (SGR) в гамма-, рентгеновском и оптическом диапазонах энергии. Источник всплеска локализован телескопом IBIS/ISGRI обсерватории INTEGRAL с точностью 2

угл. мин и находится в галактике Сигара (M 82). Проведены оперативные (через 3.6 часа) наблюдения области всплеска в оптическом диапазоне на 36-см телескопе в Китае Международной сети телескопов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН и в фильтре R на 70-см телескопе AS-32 Абастуманской астрофизической обсерватории (через 10.7 часов). Оптическое излучение обнаружить не удалось, но полученный верхний предел позволяет исключить связь события с короткими гамма-всплесками (при условии отсутствия сильного поглощения на луче зрения). Близость родительской галактики всплеска к наблюдателю (DL 3.5 Мпк) существенно ограничивает энергетику события ($E_{iso} \sim 10^{45}$ эрг) и подтверждает интерпретацию события как гигантскую вспышку ранее неизвестного источника повторных мягких гамма-всплесков (Soft Gamma Repeater) — экстремального проявления активности нейтронной звезды со сверхсильным магнитным полем (магнитара). Данный вывод подтверждает нетипично жесткий для космических гамма-всплесков энергетический спектр, а также отсутствие гравитационно-волнового сигнала, который должен был бы быть зарегистрирован антеннами LIGO/Virgo/KAGRA, если бы всплеск был вызван слиянием нейтронных звезд. Положение всплеска на диаграммах $E_{p,i} - E_{iso}$ и $T_{90,i} - E_{H}$ также свидетельствует о том, что GRB 231115A был гигантской вспышкой внегалактического источника SGR (предположительно, магнитара). Отметим, что это первая внегалактическая вспышка SGR, локализованная с высокой точностью с помощью прямого построения изображения в жестких рентгеновских лучах.

Моисеев Алексей (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Наблюдательные проявления смены режимов активности сейфертовских галактик // П. Моисеев

Сейчас уже нет сомнений в том, что активность сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик носит транзиентный характер, причем суммарная длительность активной фазы заметно короче спокойного состояния. Появился даже термин "археология активного ядра". Он подразумевает возможность восстановления истории активности (изменения со временем ионизирующей светимости или мощности нетеплового радиоисточника) путем анализа того, как эта активность проявляла себе на галактических и внегалактических пространственных масштабах (реликтовые радиоструктуры, газовые облака "подсвеченные ионизирующим эхом" и т.п.). Увеличение числа таких наблюдений позволило выявить объекты, в которых одновременно наблюдаются указания на переключение между излучающим (конуса ионизации), и кинетическим (радиоджеты) режимами активности. В рамках классической унифицированной схемы активности галактик такое поведение интерпретируется как смена эддингтоновского темпа аккреции на менее эффективный (ADAF) или наоборот. А докладе рассматриваются конкретные примеры близких ($z < 0.3$) сейфертовских галактик, в которых

одновременно наблюдаются реликтовые радиоструктуры и затухающие конуса ионизации. Заметная часть обсуждаемого наблюдательного материала получена на 6-м телескопе САО РАН и 2.5-м телескопе ГАИШ МГУ.

Мольков Сергей (Институт космических исследований РАН)

SRGA J144459.2604207: аккрецирующий миллисекундный пульсар открытый телескопом ART-XC // П. Мольков

Доклад посвящен открытию нового аккрецирующего миллисекундного рентгеновского пульсара SRGA J144459.2-604207 по данным наблюдений телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории SRG. Источник наблюдался дважды в феврале 2024 года. Временной анализ выявил когерентный сигнал на частоте около 447.9 Гц, модулированный эффектом Доплера вследствие орбитального движения. Были определены параметры двойной системы. За время наблюдений с экспозицией 133 тыс.к.с, мы зафиксировали 19 термоядерных рентгеновских вспышек. Все вспышки имеют схожую форму и энергетiku, и ни в одной из них нет признаков фотосферного расширения. Время между вспышками антикоррелирует с потоком и линейно увеличивается с ≈ 1.6 ч в начале наблюдений до ≈ 2.2 ч в конце. Также были обнаружены когерентные пульсации во время всплесков. Эволюция профилей импульса была исследована как для постоянного излучения так и для всплесков.

Постнов Константин (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова)

SRGA J144459.2604207: аккрецирующий миллисекундный пульсар открытый телескопом ART-XC // К. Постнов

Представлены аргументы из наблюдений спутника Fermi и предварительных данных о космических антиядрах в эксперименте AMS-2 на МКС в пользу возможного существования звезд из антивещества. Такие экзотические объекты могут возникать в разных частях Вселенной в областях с преимущественным содержанием антиматерии в некоторых моделях космологического бариогенезиса.

Потехин Александр (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Остывание нейтронных звёзд с реалистичным составом коры в мягких рентгеновских транзиентах // А. Потехин

В докладе представлено исследование тепловой эволюции нейтронных звёзд в мягких рентгеновских транзиентах (SXT) на основе моделей аккрецированной коры, в которых впервые одновременно учтён как многокомпонентный состав, так и диффузия нейтронов. В аккрецирующих нейтронных звёздах кора образуется веществом, в котором при его погружении вглубь звезды происходят ядерные превращения с выделением тепла - глубокий прогрев коры. Ранее для упрощения моделирования этих процессов предполагалось, что кора состоит из слоёв, каждый из которых содержит только один тип ядер. Недавно [Shchepochin N.N., Gusakov M.E., Chugunov A.I.: MNRAS 522, 4830 (2021); MNRAS 515, L6 (2022); MNRAS 523, 4643 (2023)] такое моделирование было проведено с учётом диффузии нейтронов [Gusakov M.E., Chugunov A.I.: Phys. Rev. Lett. 124, 191101 (2020); Phys. Rev. D 103, L101301 (2021); Phys. Rev. D 109, 123032 (2024); Gusakov M.E., Kantor E.M., Chugunov A.I., Phys. Rev. D 104, L081301 (2021)] и многокомпонентного состава продуктов термоядерного горения во внешних слоях коры. В новых моделях переработанное аккрецированное вещество содержит смеси разных ядер и, вследствие этого, обладает меньшей теплопроводностью. В представляемой работе моделируется нагрев в период активности и последующее остывание аккрецированной коры нейтронных звёзд в SXT на основе новых, наиболее реалистичных на данный момент, моделей. Проводится сравнение с наблюдаемым остыванием коры нейтронных звёзд после периодов вспышечной активности в двух SXT: MXB 1659-29 и IGR J17480-2446. Показано, что старые (упрощённые) и новые (более реалистичные) модели аккрецированной коры обладают сходными возможностями для объяснения результатов наблюдений SXT. Использование реалистичных моделей позволяет избавиться от некоторых свободных параметров, которые приходилось вводить в прежние расчёты подобного рода. Так, параметр неоднородности кристаллической структуры коры, который раньше вводился искусственно ради обеспечения согласия теоретических кривых остывания с наблюдаемыми, в данной работе определяется рассчитанным составом коры. Тем не менее, как в старых, так и в новых моделях, для удовлетворительного согласования с наблюдениями требуется подгонка некоторых параметров, не предоставляемых современной теорией. К ним относится интенсивность тепловыделения во внешней коре над зоной глубокого прогрева. Работа поддержана грантом РФФ 22-12-00048.

Поутанен Юрий (Университет Турку)

IXPE view of accreting neutron stars // Ю. Поутанен

During the first 2.5 years of its operation IXPE has observed a dozen pulsars and a dozen of weakly magnetized accreting neutron stars. I will review the results and discuss interpretation of the data.

Прохоренко Сергей (Институт космических исследований РАН)

Соотношение между рентгеновской и ультрафиолетовой светимостями квазаров по данным SRG/eROSITA и SDSS // Ю. Поутанен

Исследование статистической взаимосвязи между ультрафиолетовым (УФ) и рентгеновским излучением активных ядер галактик позволяет лучше понять процессы, происходящие вблизи сверхмассивной черной дыры при аккреции на нее вещества, а также дает возможность использовать квазары в качестве "стандартных свечей" для измерения расстояний на космологических масштабах во Вселенной. Мы разработали новый метод нахождения параметров этой взаимосвязи, правильно учитывающий эффекты селекции по потокам, переменность квазаров, а также уменьшение плотности квазаров с ростом светимости. Мы использовали яркую как в рентгене, так и в оптике выборку квазаров, основанную на данных SRG и SDSS. Выборка была дополнительно очищена от блазаров, поглощенных объектов и квазаров с существенным вкладом родительской галактики в УФ. Мы применили наш метод к очищенной выборке и получили следующие предварительные результаты. Квазары во Вселенной на диаграмме светимость на 2 кэВ (L_X) против светимости на 2500 Å (L_{UV}) концентрируются около тренда $\log L_X = \gamma \log L_{UV} + \beta$, где $\gamma = 0.71 \pm 0.03$, $\beta = 5.0 \pm 0.9 dex$. При этом внутренний разброс (за вычетом вклада переменности и ошибок измерения) относительно тренда по обеим осям не превышает 0.2 dex. Мы не нашли указаний на зависимость этих параметров от красного смещения.

Пширков Максим (Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова)

Обнаружение протяженных гало в гамма-диапазоне вокруг близких массивных спиральных галактик // М. Пширков

Различные теоретические модели предсказывают существование протяженного гамма-гало вокруг нормальных галактик. Оно может возникать из-за взаимодействия космических лучей с околосредообразующей средой или

в результате аннигиляции/распада гипотетических частиц темной материи. Свидетельства в пользу существования такого гало были найдены в наблюдениях ближайшей массивной галактики М31. В этой работе был произведён поиск гамма-излучения от галактик в пределах 15 Мпк на энергиях выше 2 ГэВ и оценка его пространственной протяженности. Был использован новейший каталог близких галактик и простой, но надежный метод апертурной фотометрии. Мы сложили сигнал вокруг 16 массивных галактик поздних типов и обнаружили статистически значимое превышение над фоновым уровнем ($p\text{-val} = 4.8 \cdot 10^{-9}$). Что еще более важно, наш анализ показал, что это превышение может быть скорее связано не с точечным, а с протяжённым источником с размером 0.3 градуса. С другой стороны, 6 галактик ранних типов, которые удовлетворяли тем же условиям на расстояние и массу, не показали избытка. Разница между галактиками поздних и ранних типов и неправильная форма протяженного источника, который мы обнаружили, указывают на то, что гамма-излучение не связано с аннигиляцией/распадом тёмной материи, а скорее возникает при столкновениях космических лучей с околוגалактической средой.

Садовский Андрей (Институт космических исследований РАН)

Вспышки и выбросы масс для звезд главной последовательности // М. Садовский

Согласно наблюдениям, количество вспышек на разных звездах практически неизменно — от карликовых до горячих звезд. Как известно из наблюдений Солнца, за вспышками могут следовать события выброса корональной массы. Сделаны оценки напряженности магнитного поля в трубках в фотосферах O-M звезд, которые дают результаты для Солнца, отличающиеся от наблюдаемых не более чем в 2-3 раза. Основная мотивация такого подхода такова: наши знания о среде звезд находятся примерно на том же уровне, что и знания о Солнце в 1950-х годах. Кроме того, такие простые модели позволяют получить полное представление о процессах в системе, не зная никаких деталей звездной активности. На основе полученных значений и параметров различных объектов мы сделали оценки энергий вспышек и оценки масс СМЕ и возможных энергиях ускорения частиц в активных областях, а также сделали некоторые предположения о минимальных и максимальных пределах этих значений для различных типов звезд и сравнили их с энергиями вспышек, светимостями и температурами звезд.

Сачков Михаил (Институт астрономии РАН)

Проект «Спектр-УФ» // М. Сачков

Спектр-УФ - космическая обсерватория, предназначенная для получения изображений и спектров объектов Вселенной в недоступном для наземных инструментов ультрафиолетовом участке электромагнитного спектра (115–305 нм). Это следующий в ряду астрофизических проектов в Федеральной космической программе России. В некотором смысле «Спектр-УФ» является аналогом Космического телескопа имени Хаббла (NASA) и заменит его на орбите. Базовая научная программа обсерватории включает такие направления исследований как:

- Свойства атмосфер экзопланет, включая поиск биомаркеров;
- Тепловая и химическая эволюция Вселенной, включая поиск скрытого диффузного барионного
- вещества;
- Физика аккреции на компактных объекты;
- Физика образования звезд и планетных систем.
- Основной инструмент — телескоп T-170M с диаметром главного зеркала 170 см. Он оснащается
- научными приборами: Блоком спектрографов (БС) и Блоком камер поля (БКП). БС состоит из 2 эшелельных спектрографов высокого разрешения и спектрографа с длинной щелью, БКП - из трёх камер, работающих в разных диапазонах спектра. Обсерватория будет работать на круговой геосинхронной орбите.

В настоящее время решены все технические и организационные вопросы создания обсерватории, включая импортозамещение. При получении необходимого финансирования обсерватория будет готова к запуску в 2029 году.

Свинкин Дмитрий (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

*Гамма-всплески, одновременно наблюдавшиеся
Konus-Wind и Einstein probe // Д. Свинкин*

Собственное излучение подавляющего числа гамма-всплесков наблюдалось на протяжении всего события только в диапазоне $> \sim 10$ кэВ. С запуском, в январе 2024 г, миссии Einstein probe с широким полем зрения и энергетическим диапазоном 0.5-4 кэВ появилась возможность наблюдать собственное излучение гамма-всплесков в рентгеновском диапазоне на всём протяжении события. Одним из первых наблюдавшихся EP гамма-всплесков был длинный GRB 240315C/EP240315a на $z=4.859$. Совместные наблюдения этого события Einstein probe, Konus-Wind и Swift-BAT показали,

в частности, существенно более раннее начало собственного излучения и его большую длительность в рентгеновском диапазоне, по сравнению с мягким гамма-диапазоном. В докладе представлены результаты совместного анализа GRB 240315C/EP240315a, а так же свойства популяции гамма-всплесков, одновременно наблюдавшиеся Konus-Wind и Einstein probe.

Семена Андрей (Институт космических исследований РАН)

Разные лица рентгеновского пульсара RX J0440.9+4431
// А. Семена

В работе исследуются фазово-разрешенные спектры мощности переменности рентгеновского пульсара RX J0440.9+4431. Показано, что форма спектра мощности значительно меняется и вероятно состоит из двух независимых компонент. Помимо уже известного увеличения низкочастотной переменности в некоторых фазах (переменность от пульса-к-пульсу) мы обнаружили увеличение высокочастотной переменности, которое может указывать на наличие некогерентного шума в области энерговыделения и изменения объема или площади видимой части зоны энерговыделения. Мы также демонстрируем, что мГц КПО пульсара ограничены внутри узкого диапазона фаз. При помощи симуляций интерференции сигнала и анализа энергетических спектров мы показали, что КПО не может являться продуктом отражения рентгеновского излучения.

Струминский Алексей (Институт космических исследований РАН)

Ускорение протонов в плазме солнечных вспышек по рентгеновским данным астрофизических детекторов
// Н. Струминский

Рентгеновские астрофизические детекторы не предназначены непосредственно для регистрации солнечного излучения, но при этом являются превосходными инструментами для исследования солнечных вспышек и сопровождающих их солнечных протонов (СП) в межпланетном пространстве (МП). Благодаря большой массе, расположению вне магнитосферы Земли и практически непрерывному мониторингу как солнечного жесткого рентгеновского (HXR) излучения, так и потоков космических лучей (КЛ) в МП, они позволяют видеть то, что не видят традиционные детекторы. В докладе будут представлены наблюдения наиболее интересных солнечных событий в мае-июне и сентябре-октябре 2024 года детекторами ACS SPI (INTEGRAL) и ART XC (Спектр РГ).

Начало значимого возрастания темпа счета ACS SPI во время или после НХР излучения солнечной вспышки является моментом первой регистрации прихода СП на орбиту Земли. Времена ускорения электронов от единиц до сотен миллисекунд согласуются с наблюдаемым временем прихода первых СП, если считать, что ускорение протонов с энергией более 10 МэВ начинается сразу после ускорения электронов до суб-релятивистских энергий 100 кэВ (появление солнечного НХР и микроволнового излучения). При длительном ускорении протонов момент их первой регистрации зависит от энергии и темпа ускорения. Это позволяет делать оценки электрического поля доступного для ускорения, которое оказывается сравнимым с оценками поля Драйзера в плазме солнечных вспышек. Наибольшие энергии и потоки СП соответствуют большим длительностям, а не максимальным интенсивностям НХР излучения.

Суворова Ольга (Институт ядерных исследований РАН)

Современное состояние поиска астрофизических нейтрино в глубоководном эксперименте Baikal-GVD
// О. Суворова

В Байкальском глубоководном эксперименте Baikal-GVD успешно продолжается наращивание эффективного объема регистрации нейтрино высоких энергий. В 2024 году в структуре телескопа функционирует 14 кластеров с числом оптических модулей более 4000, что обеспечивает чувствительность к потокам нейтрино с энергией выше ПэВ в эффективном объеме больше 0.7³. Представлены обновленные результаты исследований потоков нейтрино высоких энергий, измеренных в эксперименте Baikal-GVD в период с 2018 по 2024 год.

Сулейманов Валерий (Institut für Astronomie und Astrophysik, Tuebingen Universität)

Катаклизмические переменные в жестких рентгеновских лучах. Функция светимости и массы белых карликов // В. Сулейманов

Измерение обсерваторией Gaia расстояний практически до всех известных относительно близких катаклизмических переменных открыло путь для улучшения точности определения функции светимости этих объектов в жестком рентгеновском диапазоне. Для достижения этой цели были использованы данные о 79 катаклизмических переменных из 105 месячного каталога инструмента BAT/Swift. Таким образом была исследована функция светимости катаклизмических переменных звезд в диапазоне 14-195 кэВ. Были получены оценки локальной плотности массы (1.4(2)e5 штук на одну массу Солнца) и плотности светимости (8.95(10)e26 эрг/с на одну массу Солнца). Эти

значения хорошо согласуются с интегральным рентгеновским излучением Галактического хребта и светимостью ядерного звездного скопления вблизи центра Галактики. Показано, что промежуточные поляры доминируют при светимостях $> 1e33$ эрг/с, тогда как немагнитные катаклизмические переменные и поляры гораздо более многочисленны, но имеют в среднем более низкие светимости. Вклад этих популяций в наблюдаемую жесткую рентгеновскую светимость почти эквивалентен. Жесткое рентгеновское излучение магнитных катаклизмических переменных используется для оценки масс белых карликов в этих системах. Представлен анализ неопределенностей метода на конечный результат. Показано, что наибольший систематический эффект дает конечная температура белых карликов, нагреваемых аккрецией, которая приводит к увеличению их радиуса. На примере выборки промежуточных полярных звезд из того же каталога (47 объектов) показано, что учет конечной температуры (около 30 кК) оболочек белых карликов объясняет систематическую разницу в 0.02-0.04 массы Солнца между усредненной массой белых карликов в промежуточных полярах, полученных из анализа их жестких рентгеновских спектров, с усредненной массой белых карликов в катаклизмических переменных, определенных оптическими методами.

Сюняев Рашид (Институт космических исследований РАН)

Поиск скоплений галактик. SRG/eROSITA и SZ-эффект: соревнование и синергетика // Р. Сюняев

В докладе планируется осветить используемые методы и полученные (или ожидаемые) результаты основных экспериментов, работающих, создаваемых и планируемых к осуществлению для поиска скоплений галактик на всем небе. Эти работы ведутся во многих странах в интересах космологии, астрофизики высоких энергий и внегалактической астрономии.

Трушкин Сергей (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Пять гигантских вспышек микроквазара Cyg X-3 в 2024 году // С. Трушкин

В ходе многочастотного мониторинга на РАТАН-600 в 2024 году мы зарегистрировали пять гигантских ($>10J_n$) вспышек от рентгеновской двойной Cyg X-3. Это кардинально отличает активность объекта от картины переменности в 2021-2023 годах, когда не зарегистрировано ни одной вспышки. Все пять вспышек оказались связанными с событиями или

роста, или появления потока гамма-излучения в диапазоне 0.1-300 ГэВ согласно данным космической обсерватории Fermi. С другой стороны, все вспышки произошли во время перехода системы из гипер-мягкого рентгеновского состояния в жесткое состояние, то есть когда от почти нулевого значения поток жесткого рентгеновского излучения (15-50 кэВ) рос, а поток мягкого излучения (4-10 кэВ) падал. Такое поведение объясняется в рамках физической картины с меняющимся и, как недавно было выяснено, сверхкритическим темпом аккреции вещества на ЧД, вариациями состояний короны и аккреционного диска и процессов формирования струйных выбросов. Хотя радиовспышки эволюционировали на зарной шкале от 10 до 60 дней, они обладали похожими свойствами: начальный линейный рост потока, когда излучение было оптически толстым на частотах ниже 2 ГГц, и экспоненциальное затухание после максимума вспышки с постепенным "смягчением" спектра (спектральный индекс менялся от -0.1 до -0.9 на высоких частотах). Мощное вспышечное радиоизлучение от струйных выбросов является главным индикатором активности микроквazarов.

Хабибуллин Ильдар (Институт космических исследований РАН)

Спагетти еще горячи: рентгеновское излучение туманности Симеиз 147 и радио филамент центрального пульсара // И. Хабибуллин

Остаток вспышки сверхновой Симеиз 147 имеет размер более 40 парсек (несколько градусов на небе) и является кандидатом в один из наиболее старых (150 000 лет) остатков взрыва сверхновой в нашей Галактике. Также внутри остатка обнаружен радио-пульсар PSR J0538+2817 с измеренным движением на небе, которое позволяет оценить возраст взрыва в 35 тысяч лет, предполагая, что пульсар начал движение от центра туманности в момент взрыва и продолжает его на текущий момент. Нами были использованы данные наблюдений в рентгеновском, оптическом, гамма и радиодиапазонах для определения физических характеристик излучающего газа, а также для выявления признаков взаимодействия ударной волны с плотными структурами межзвездной среды и пульсара с внутренней областью остатка сверхновой. Показано, что свойства рентгеновского излучения газа, полученные на основе данных обзора всего неба телескопом ePOZITA обсерватории SRG, совместимы со сценарием взрыва сверхновой в полости с низкой плотностью, такой как пузырь, надуваемый ветром. Нами было обнаружено тусклое радиоволокно вблизи пульсара PSR J0538+2817 по данным обзоров NVSS, CGPS и Rapid ASKAP Continuum Survey. Структура односторонняя и кажется почти совпадающей (в пределах 17 градусов) с направлением собственного движения пульсара, но, в отличие от известных случаев радиохвостов пульсаров, расположена впереди него. Мы предполагаем, что эта структура может представлять собой нить, соединяющую пульсарную туманность с

окружающей межзвездной средой, заполненную релятивистскими электронами, вылетающими из пульсарной туманности. Таким образом, данный объект может быть радиоаналогом рентгеновских нитей пульсарных туманностей Гитары и Маяка, а также нетепловых нитей радиоизлучение в центре Галактики.

Хамитов Ирек (Казанский (Приволжский) Федеральный Университет)

Яркие в рентгене звезды Плеяд по данным 5 обзоров неба SRG/eROSITA // И. Хамитов

Значительная корональная активность проявляется у молодых звезд в первый миллиард лет. Механизм нагрева корон до десятков миллионов градусов у одиночных звезд поздних спектральных классов до конца не выяснен и является актуальной задачей астрофизики. Поэтому рентгеновские исследования рассеянных звездных скоплений, члены которых находятся в одинаковых эволюционных условиях и близки по химсоставу, имеют большую актуальность. В особенности это относится к обзорным, однородным и глубоким наблюдениям. Рассеянное звездное скопление Плеяды насчитывает порядка 2200 членов возрастом порядка 120-130 млн. лет и находятся на среднем расстоянии 135 пк. Большинство членов скопления составляют звезды dM-класса с общей массой порядка $800M_{\odot}$. Область неба вокруг Плеяд вошла в 5 обзоров неба, проведенных с помощью рентгеновского телескопа SRG/eROSITA. Используя оптический каталог членов скопления Плеяд, построенный ранее на основе 5d/6d-карт третьего релиза данных GAIA DR3, были отождествлены 888 наиболее вероятных оптических компонент рентгеновских источников eROSITA. Достигнутая суммарная чувствительность позволила обнаружить все источники в Плеядах, излучающие в диапазоне 0.3-2.3 кэВ, со светимостями $L_X > 2.2 \cdot 10^{28}$ эрг/с. В целом короны звезд Плеяд по данным eROSITA излучают в рентгеновских лучах с суммарной светимостью порядка $1.3 \cdot 10^{32}$ эрг/с. Для 22 источников детекторы eROSITA зарегистрировали сильную рентгеновскую переменность между обзорами - с отношением максимального к минимальному потоку в 10 и более раз. Большинство из них известны как эруптивные оптические переменные звезды класса M2V и позднее, то есть звезды чьи недра полностью вовлечены в конвективные процессы. Полученные данные, которые являются на данный момент наиболее полными по достигнутому пределу по чувствительности, вместе с оптическими исследованиями позволяют анализировать связь рентгеновских параметров с другими физическими параметрами коронально-активных звезд Плеяд.

Хамитов Ирек (Казанский (Приволжский) Федеральный Университет)

Позиционные наблюдения SRG на телескопе РТТ-150 с целью продления жизни орбитальной обсерватории
// И. Хамитов

Космический аппарат (КА) Российской орбитальной обсерватории "Спектр-Рентген-Гамма" уже более пяти лет успешно работает на гало орбите вокруг второй точки Лагранжа системы Солнце-Земля, обеспечивая астрофизиков уникальными данными о миллионах рентгеновских источников на всем небе. Одним из важнейших параметров, влияющих на длительность работы SRG, является расход топлива во время коррекций для удержания Обсерватории на заданной орбите. Очевидно, что расход топлива напрямую зависит от точности предвычисленной орбиты и будет минимальным при наличии точной информации о положении аппарата перед и после каждой коррекции. Это обстоятельство в свою очередь накладывает свои требования на высокоточные позиционные наблюдения SRG. Начиная со стадии перелета в зону точки L2 в июле 2019 года и до настоящего времени Российско-Турецкий 1.5-м телескоп РТТ-150 используется для контроля эволюции и коррекций орбиты SRG. За 5 лет с помощью РТТ-150 проведен 117 сет позиционных наблюдений с общим числом астрометрических измерений 7500. Позиционная точность измерений, зависящая от качества изображения и видимого блеска КА SRG, составляет порядка 0.1 угловых секунд по обоим координатам как по прямому восхождению, так и по склонению. Геометрически это также означает, что положение SRG в пространстве на расстоянии в 1.5 млн. километров оценивается нами с точностью около 800 метров. РТТ-150 обеспечивает Баллистические центры Института Прикладной Математики им.Келдыша РАН, НПО им. Лавочкина и ЦНИИМаш высокоточными астрометрическими измерениями положения космического аппарата, которые используются в задачах по успешному удержанию КА SRG на неустойчивой рабочей орбите. По позиционным измерениям на РТТ-150 на протяжении 2024 года отклонения КА на орбите оставались в пределах одной секунды дуги с максимальным отклонением около 2.5 секунд дуги. Необходимо отметить, что географически РТТ-150 является самым южным телескопом из российских инструментов, используемых в наземной поддержке SRG. Это делает его ключевым инструментом при позиционных наблюдениях КА SRG на самых низких значениях по склонению $DEC \sim -30^\circ$, а также в летние месяцы в проекции на Центр Галактики в полях с экстремально высокой поверхностной плотностью звезд, затрудняющих поиск и наблюдения аппарата. В докладе будут представлены результаты астрометрических наблюдений на РТТ-150 и методика обработки астрометрических данных в различных полях вплоть до экстремально богатых звездами.

Хорунжев Георгий (Институт космических исследований РАН)

Рентгеновские источники SRG/eROSITA с сильной переменностью в рентгене. Апробация метода отбора СПР на выборке сильнопеременных АЯГ // Г. Хорунжев

Проведено спектральное отождествление ранее не изученных 13 объектов из выборки Медведева и др. (2022). Выборка состоит из 49 наиболее переменных внегалактических рентгеновских источников, зарегистрированных телескопом eРозита обсерватории SRG во всех полугодовых обзорах неба, при этом, рентгеновский поток источников менялся более чем в 10 раз в ходе наблюдений. Нам удалось классифицировать эти объекты и измерить их красные смещения. Двенадцать оказались активными ядрами галактик (АЯГ). Ещё для одного источника, являющегося подтвержденным событием приливного разрушения (СПР), уточнена оптическая классификация родительской галактики. Интересно, что некоторые АЯГ второго типа (согласно оптической классификации) демонстрируют вспышки мягкого рентгеновского излучения, более характерные для АЯГ первого типа или событий приливного разрушения (СПР). Ранее нами (Хорунжев и др. 2022) был предложен критерий разграничения СПР и АЯГ по соотношению потоков излучения в рентгене и линии O[III] (5007 Å). Используя новую выборку, мы убедились, что этот критерий в большинстве случаев позволяет отличать СПР даже от сильно переменных АЯГ. Однако он перестает надежно работать в случае объектов с низкой степенью ионизации области излучения (LINER). Вспышки рентгеновского излучения от таких объектов могут быть проявлением как АЯГ низкой светимости, так и СПР.

Черепашук Анатолий (Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова)

Наблюдения спокойных рентгеновских новых на Кавказкой Горной обсерватории ГАИШ МГУ // А. Черепашук

В докладе будут изложены результаты программы наблюдений рентгеновских новых с черными дырами в спокойном состоянии, а также их интерпретация. Даны улучшенные оценки масс черных дыр, изучена орбитальная и иррегулярная переменность ИК и оптических кривых блеска, даны спектры излучения адвекционно-доминированных

дисков вокруг черных дыр в диапазоне 6500 - 22000 Ангстрем.

Чуразов Евгений (Институт космических исследований
РАН)

*"Петли" на небе и области звездообразования в
Галактике // Е. Чуразов*

Большинство крупномасштабных структур, видимых в радио и рентгеновском диапазонах, несомненно связаны с нашей Галактикой. Большинство моделей связывает эти структуры с распространением ударных волн по межзвездной среде, а источниками энергии являются либо взрывы близких сверхновых, либо сверхмассивная черная дыра в центре Галактики. В докладе обсуждается альтернативная модель, в которой такие структуры связаны с пузырями горячего газа, поднимающимися из областей звездообразования в диске Галактики.

Стендовые доклады

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Алтайский Михаил (Институт космических исследований РАН)

Is inflation a 5d phenomenon? Renormalization group point of view // М. Алтайский

We propose a model of inflation where a 4d locally-lorentzian manifold is inflating instead of a usual 3d space-like manifold. The extra 5th dimension – the renormalization group coordinate – corresponds to the increase of the number of degrees of freedom due to quantum transitions in the Universe. This is similar to the Dirac’s “instant matter creation universe”, but may have different cosmological implications since the time coordinate is also inflating, keeping the spacetime locally lorentz-invariant. The model was independently proposed by different authors [1,2].

[1] М.В.Алтайский, Р.Радж, Может ли наше пространство-время происходить из пространства анти-де Ситтера? Письма в ЭЧАЯ, 19 (2022) 223; arXiv: 2207.14652

R.Ferrero and M.Reuter, On the possibility of a novel (A)dS/CFT relationship emerging in asymptotic safety, JHEP 12 (2022) 118; arXiv: 2205.12030

Антипова Александра (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

*Ориентация спинов галактик относительно
филаментов крупномасштабной структуры Вселенной*
// А. Антипова

Согласно теории образования галактик должна наблюдаться четкая корреляция между спином галактик и направлениям на элементы крупномасштабной структуры Вселенной, в частности на филаменты. Было проведено большое количество работ как наблюдательных, так и основанных на моделировании по поиску зависимости положения спина относительно элементов крупномасштабной структуры, однако результаты работ противоречивы. В данной работе мы представляем исследование ориентации спинов 4513

галактик относительно 3494 филаментов крупномасштабной структуры Вселенной. В нашей выборке все галактики имеют угол наклона к наблюдателю больше 85 градусов, то есть видны практически «с ребра», что позволяет однозначно определить направление оси вращения галактики в пространстве. Мы обнаружили, что спины галактик имеют тенденцию выравниваться вдоль оси филаментов крупномасштабной структуры. Статистическая значимость результата находится на уровне 2 сигм. При отборе галактик по цвету удалось обнаружить более сильную корреляцию: эффект наблюдается на уровне свыше 3 сигм. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 24-72-10084.

Аршинова Арина (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

*Поляризация активных ядер галактик со значимыми
РСДБ-Gaia сдвигами // А. Аршинова*

В нашей работе мы проверяем ранее заявленную связь между оптической поляризацией и углом РСДБ-Gaia смещения по отношению к направлению расстрояемого джета, используя более широкий набор данных поляриметрических измерений и обновленный каталог Gaia DR3. Мы также ищем дополнительные доказательства в пользу дихотомии в рамках модели диск-джет как объяснения такой связи, используя поляризацию в миллиметровом диапазоне и многополосные оптические поляризационные измерения. Для этого мы провели оптические поляриметрические наблюдения 152 АЯГ с помощью трёх телескопов. Эти данные дополняют другие общедоступные поляриметрические измерения АЯГ. Мы сопоставили публичные астрометрические данные, полученные при помощи РСДБ и Gaia, получили соответствующие позиционные смещения и объединили этот каталог с поляриметрическими данными и данными о направлении джетов. В результате было выявлено, что АЯГ с сонаправленными РСДБ-Gaia смещениями и направлением джета имеют значительно более высокую оптическую степень поляризации по сравнению с выборкой, где эти смещения были направлены противоположно. В то же время поляризация в миллиметровом диапазоне в этих двух выборках имеет очень схожее распределение. Наши результаты подтверждают гипотезу о том, что направленные по течению джетов РСДБ-Gaia смещения, скорее всего, вызваны компонентом джетов, испускающим сильно поляризованное синхротронное излучение и доминирующим в общем оптическом излучении. Направленные в противоположную от направления видимого джета смещения, скорее всего, вызваны низкополяризованным излучением субкомпонентов центральной машины, которые доминируют в оптике.

Барсуков Дмитрий (Институт ядерных исследований
РАН)

*Constraints status on dark matter particles in the keV range
from NuSTAR and ART-XC observations // Д. Барсуков*

In this talk we discuss the constraints on the decaying sterile neutrinos obtained from NuSTAR and ART-XC. To date, the constraints obtained from 11 years of NuSTAR exposure are among the strongest constraints on the decaying sterile neutrinos presented in the literature. Additionally, we will demonstrate the constraints for the case of dark matter particles annihilation and show that in the energy range of a few keV, the constraints that can be obtained from NuSTAR and ART-XC are among the best in this energy range.

Баринов Владислав (Физико-технический институт им.
А.Ф. Иоффе РАН)

*Дифференциальное вращение поверхности полярной
шапки нейтронной звезды // В. Баринов*

В работе рассматривается течение в океане покрывающем поверхность нейтронной звезды, возникающее из-за протекающего сквозь пульсарную трубку электрического тока. Данный ток проходя через жидкий поверхностный слой коры приводит к возникновению в нем дифференциального вращения жидкости. Скорость течения жидкости найдена в рамках "бессилового" приближения и при этом вязкость и проводимость жидкости считались изотропными, также считается что твердая кора обладает бесконечной проводимостью. Рассмотрение ограничено только случаем однородного магнитного поля.

Барсуков Дмитрий (Физико-технический институт им.
А.Ф. Иоффе РАН)

*Влияние мелкомасштабного поля и темпа
фотоионизации на нагрев полярной шапки радиопульсара
J0901-4046 // Д. Барсуков*

Рассматривается влияние величины мелкомасштабного магнитного поля и темпа фотоионизации позитрония на нагрев полярной шапки радиопульсара J0901-4046 обратным током позитронов. Пульсар рассматривается в модели "внутреннего зазора" со свободным истечением частиц с поверхности нейтронной звезды. Мелкомасштабное магнитное поле рассматривается

в рамках модели смещенного диполя. Учитывается только рождение электрон-позитронных пар при поглощении квантов изгибного излучения в магнитном поле. При этом предполагается, что пары рождаются в связанном состоянии – в виде позитрониев, которые затем фотоионизируются тепловыми фотонами с поверхности звезды. Не учитываются влияние поляризации изгибного излучения, расщепление фотонов и распад позитрониев.

Барышников Илья (Физико-технический институт им.
А.Ф. Иоффе РАН)

*Модификация способа измерения температуры
реликтового излучения, основанного на эффекте
Сюняева-Зельдовича // И. Барышников*

Независимые измерения температуры реликтового излучения T_0 в современную эпоху с использованием космологических данных чрезвычайно важны для верификации космологических моделей. Исследованы стандартная и новая процедуры измерения температуры реликтового излучения в методе, основанном на эффекте Сюняева-Зельдовича. Работа выполнена с помощью численного моделирования искусственного каталога измерений эффекта Сюняева-Зельдовича для скоплений. В результате было выяснено, что оценки температуры T_0 , полученные разными процедурами, расходятся более чем на одну сигму и более точную оценку дает новая описанная в работе процедура. Также в работе показано, что причиной расхождения в процедурах является неопределенность параметра пекулярной скорости β , входящего в эффект Сюняева-Зельдовича.

Белкин Сергей (Национальный исследовательский
университет «Высшая школа экономики»)

*Поиск корреляций и исследование селективных эффектов
при анализе выборки сверхновых, ассоциированных с
гамма-всплесками // С. Белкин*

Обнаружение, наблюдение и исследование сверхновых (SN), связанных с гамма-всплесками (GRB), представляют собой одну из важных задач современной астрофизики. Из более чем 13,000 зарегистрированных на сегодняшний день гамма-всплесков в гамма-диапазоне лишь около 50 имеют подтвержденную связь со сверхновыми. В работе представлена выборка сверхновых, ассоциированных с гамма-всплесками (SN/GRB), для которых можно построить кривую блеска, охватывающую максимум в кривой блеска SN/GRB, и определить такие основные параметры, как время между регистрацией GRB и максимумом, а

также абсолютная звёздная величина в максимуме кривой блеска SN/GRB. Проведен поиск корреляций как между этими параметрами, так и между ними и параметрами собственного гамма-излучения GRB. Обсуждаются селективные эффекты, влияющие на возможность обнаружения SN/GRB и оценку их параметров. Обнаружено, что диаграмма зависимости абсолютной звёздной величины от времени между регистрацией GRB и максимумом может быть эффективно использована для координированных наблюдений с целью увеличения статистики обнаружения SN/GRB.

Бобаков Александр (Физико-технический институт им.
А.Ф. Иоффе РАН)

О природе MASTER OT J072007.30+451611.6 // А. Бобаков

Незатменная тесная двойная система MASTER OT J072007.30+451611.6 с орбитальным периодом 1.5 часа была обнаружена в оптическом и рентгеновском диапазонах и предварительно идентифицирована как поляр. Однако большая амплитуда орбитальной переменности оптического блеска порядка 3 з.в. не типична для объектов данного класса, но может наблюдаться у переходных миллисекундных пульсаров в двойных системах. Архивные оптические спектры низкого разрешения объекта, полученные на телескопе Го Шоуцзин (LAMOST), демонстрируют сильные бальмеровские эмиссионные линии, что может быть характерно как для поляров, так и переходных миллисекундных пульсаров.

Для определения природы данного объекта мы провели фотометрические наблюдения на телескопах Майданакской и Национальной Мексиканской обсерваторий и спектроскопические наблюдения со спектральным разрешением 2000-2500 на Большом Канарском телескопе. Мы также проанализировали архивные оптические фотометрические данные и рентгеновские данные обзора всего неба телескопом eROSITA обсерватории СРГ. Мы обнаружили, что у J0720 наблюдаются высокие и низкие состояния блеска на масштабах времени несколько лет. При наших наблюдениях он находился в высоком состоянии. В спектрах кроме ярких эмиссионных линий водорода присутствуют слабые линии гелия. Их структура указывает на отсутствие аккреционного диска и подтверждает, что этот объект может быть поляр. Мы также подтвердили сильную, порядка 3 з.в., орбитальную переменность блеска J0720. В работе будет представлен детальный анализ полученных данных.

Васильев Евгений (Астрокосмический центр ФИАН)

Рентгеновское излучение и перемешивание металлов в остатках сверхновых // Е. Васильев

Газ в каверне, образованной сверхновой (SN), остается горячим на протяжении нескольких десятков тысяч лет. Этот газ большей частью

состоит из выброшенного вещества СН (эжекты), сильно обогащенного металлами. Показано, что после начала адиабатической фазы эволюции остатка СН характер перераспределения металлов заметным образом зависит от степени неоднородности (клочковатости) внешней среды. По мере расширения остатка СН его светимость в рентгеновском диапазоне, в основном, определяется веществом эжекты. Обсуждается связь между эффективностью перемешивания металлов в остатках СН, степенью неоднородности среды и поверхностной яркостью в рентгеновском диапазоне.

Винокуров Александр (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

*Оптическая спектроскопия VII Zw 403 ULX в слабом
состоянии* // А. Винокуров

Мы представляем результаты спектроскопии транзитного ультраяркого рентгеновского источника VII Zw 403 ULX, проведенной близко к минимуму оптического блеска объекта ($V = 21.5^m$) на 6м телескопе САО РАН. В суммарном спектре объекта был выявлен ряд узких абсорбционных особенностей, среди которых наиболее глубокими и надежно идентифицируемыми являются линии бальмеровской серии водорода от H_γ до H_η и линия Ca II 3934, вероятным местом формирования которых является атмосфера звезды-донора. Распределение энергии в спектре источника с точностью до неопределенности величины межзвездного поглощения ($A_V = 0.2 \pm 0.1$) согласуется с моделями звездных атмосфер поздних А- и ранних F-сверхгигантов, однако, наблюдаемые глубина и ширина абсорбционных линий оказались существенно меньше модельных. Несоответствие параметров линий поглощения наряду с наличием эмиссий H, H и He II 4686 могут указывать на значительный отток вещества со звезды в виде ветра. Применение не-ЛТР кода CMFGEN позволило получить существенно лучшее согласие с наблюдаемым спектром только при темпах потери массы порядка $10^{-5} M_\odot$ в год, что, тем не менее, нехарактерно для А-F сверхгигантов. Проводится обсуждение результатов моделирования, указываются возможные причины формирования мощного ветра у звезды-донора. Работа выполнена в рамках гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации No075-15-2022-262 (13.МНПМУ.21.0003).

Владимирова Кристина (Санкт-Петербургский
государственный Политехнический университет имени
Петра Великого)

*Оптическая спектроскопия VII Zw 403 ULX в слабом
состоянии* // К. Владимирова

Изолированная карликовая иррегулярная галактика ESO 149-003, расположенная на расстоянии 7 Мпк в направлении Антивирго, привлекла наше внимание своей необычной формой. У неё наблюдаются оболочки, характерные для гигантских эллиптических галактик. По всей видимости, они были сформированы в результате столкновения с карликовым спутником, звезды которого сформировали наблюдаемую структуру. Используя данные телескопа имени Хаббла мы исследовали звёздные популяции и восстановили историю звездообразования в этой системе. Последняя вспышка звездообразования началась 230 млн лет назад и, по всей видимости, была вызвана поглощением спутника. Мы провели поиск подобных систем на глубоких изображениях DESI Legacy Surveys и оценили частоту встречаемости подобных систем.

Власюк Валерий (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

*Многоволновые свойства переменности излучения
блазара Top 599 // В. Власюк*

В докладе представлен анализ переменности излучения блазара Top 599 в диапазоне длин волн, от радио- до гамма-лучей. Основу наблюдательного материала составляют многолетние измерения, полученные авторами на радиотелескопах: РАТАН-600 САО РАН на 1-22 ГГц (1997 - 2024 гг.), РТ-22 КрАО РАН на 37 ГГц (1997 - 2024 гг.), РТ-32 сети КВАЗАР-КВО (ИПА РАН) на 5 и 8.6 ГГц. Оптические измерения с 2005 года в R-диапазоне получены на телескопах Цейсс-1000, AS 500/2 (САО РАН), LX-200 (СПбГУ), АЗТ-8 (КрАО РАН), также привлечены архивные данные проекта ZTF (США). Гамма-диапазон представлен измерениями спутника Fermi, начиная с 2008 г. Характерной особенностью кривых блеска Top 599 является наличие квазипериодических состояний повышенной активности в радиодиапазоне, которые характеризуются тройными вспышками. Такие состояния наблюдаются приблизительно каждые 7-8 лет в течение 1997 - 2024 гг. Комплексное исследование кривых блеска выполнено методами структурных функций, кросс-корреляционного анализа, вейвлет-анализа и периодограмм Ломба-Скаргла. Выявленные временные масштабы переменности и задержки между вспышками позволяют оценить размеры излучающих областей и расстояние между этими областями, детектируемыми в разных диапазонах электромагнитного спектра. Поиск квазипериодичности в кривых блеска Top 599 выявил значимый пик ($> 3\sigma$) в 2-3 года, рассмотрены возможные причины периодичности. Моделирование механизмов синхротронного самопоглощения, выполненное на основе квазисовременных радиоспектров блазара на частотах 1-37 ГГц, позволило построить картину временной эволюции величины магнитного поля в области происхождения радиоизлучения.

Воскресенская Светлана (Национальный
исследовательский институт "Высшая школа экономики")

*Измерение масс и красных смещений каталога
ComРАСТ // С. Воскресенская*

Скопления галактик — крупнейшие гравитационно связанные структуры, играющие ключевую роль в изучении эволюции Вселенной и физических процессов внутри неё. В данной работе мы анализируем каталог кандидатов в субмиллиметровые скопления ComРАСТ (arXiv:2309.17077), используя алгоритм zCluster, который позволил определить фотометрические красные смещения для 346 объектов, и карты u -параметра АСТ+Planck, с помощью которых отождествлены 977 объектов. Оценка чистоты каталога составила 72%, что согласуется с заявленной величиной 74%. В дополнение к этому нами определены красные смещения для 117 скоплений и массы для 1286 скоплений.

Галимова Эльвина (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

*Исследование туманности вокруг ультраяркого
рентгеновского источника в галактике NGC 4861
// Э. Галимова*

В данной работе мы представляем результаты исследования туманности, окружающей ультраяркий рентгеновский источник NGC 4861 X-1, с использованием фотометрических данных Hubble Space Telescope и наземных спектральных данных (БТА/SCORPIO-2) с привлечением методов фотоионизационного моделирования при помощи кода Cloudy. Анализ прямых изображений объекта позволил получить оценки полной светимости туманности в ряде эмиссионных линий и верхние оценки параметров звезды-донора. По данным спектроскопии туманности измерены электронная температура, электронная концентрация и масса газа, также было обнаружено уширение ряда линий относительно инструментального профиля.

По результатам моделирования показано, что рентгеновского излучения X-1 недостаточно для воспроизведения спектра окружающей его туманности. Добавление дополнительного источника излучения со светимостью $L \approx 410^{39}$ эрг/с и температурой $T \approx 200$ кК, основное излучение которого приходится на ЭУФ-диапазон, дает лучшее согласие между наблюдаемым и теоретическим спектром, однако не позволяет воспроизвести потоки в ряде линий и получить наблюдаемую электронную температуру туманности. Данный результат, выявленное уширение ряда линий, а также проведенный анализ положения туманности на ионизационной диаграмме позволяют предположить, что существует еще один источник энергии, на роль которого подходят ударные волны, связанные, вероятнее всего,

с потерей вещества в двойной системе при сверхкритической аккреции. Работа выполнена в рамках гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2022-262 (13.МНПМУ.21.0003).

Гогличидзе Олег (Физико-технический институт им.
А.Ф. Иоффе РАН)

*Силы, действующие на протонный вихрь в
сверхпроводящей пре-смеси // О. Гогличидзе*

Работа посвящена исследованию сил, действующих на протонный вихрь в сверхпроводящей пре-смеси и индуцированных его движением сквозь окружающее вещество. Показано, что если сила определяется как поток импульса через поверхность цилиндра, окружающего вихрь, то физическая природа этой силы меняется в зависимости от радиуса цилиндра. При радиусе, многократно превосходящем лондоновскую глубину, на вихрь действует сила, обратная силе Лоренца, действующей на набегающий на вихрь поток электронов. Если же радиус цилиндра сравним с размером ядра вихря (порядка длины когерентности), то основной силой является сила Магнуса со стороны сверхпроводящих протонов. Суммарная сила не зависит от выбранного размера цилиндра. Утверждение о том, что единственной релевантной силой, действующей на ядро вихря, является сила Магнуса, справедливо не только для перпендикулярной (недиссипативной) компоненты силы, но и для продольной компоненты, обеспечивающей на макроскопическом масштабе диссипацию энергии и распад магнитного поля. Понимание сил, действующих на протонные вихри, необходимо для решения задачи об эволюции магнитного поля нейтронных звезд.

Голубев Максим (Санкт-Петербургский государственный
Политехнический университет имени Петра Великого)

*Сверхтонкие переходы атомов и молекул Ранней
Вселенной как возможный источник спектрального
искажения реликтового излучения // М. Голубев*

В скором будущем ожидается измерение влияния сверхтонкого перехода основного энергетического уровня атома водорода на спектр реликтового излучения, что позволит измерить температуру Вселенной в эпоху Темных Веков, в свою очередь это позволит определить наличие экзотических источников нагрева в ранней Вселенной, например, первичных черных дыр, и уточнит время образования первых звезд и галактик. В связи с этим встает вопрос, какие элементы могут вносить подобные

искажения и насколько сильно. В работе представлен систематический анализ способности других атомов и молекул искажать спектр реликтового излучения. В качестве потенциальных кандидатов было исследовано 5 атомов, 5 молекулы, наиболее распространенные в первичной среде, и их ионы. Наибольшее влияние должен оказывать сверхтонкий переход в дейтерии, однако, по сравнению с водородом эффект будет на 6 порядков слабее.

Горбан Алёна (Институт космических исследований РАН)

*Модель реверберации для описания мГц КПО
рентгеновского пульсара RX J0440.9+4431 // А. Горбан*

В работе представлен анализ спектров мощности переменности пульсара RX J0440.9+4431. Предложена модель формирования мГц КПО за счёт интерференции переменного прямого и отражённого излучения. Продемонстрировано, что геометрические структуры в окрестности нейтронной звезды не могут произвести наблюдаемых модуляций.

Дедиков Святослав (Астрокосмический центр ФИАН)

*Инфракрасное и рентгеновское излучение остатка
сверхновой в неоднородной среде // С. Дедиков*

Отношение светимостей в инфракрасном и рентгеновском диапазонах IRX для остатков сверхновых (СН) показывает роль охлаждения на пыли в горячей газе. В рамках трехмерной динамики газа и межзвездных полидисперсных пылевых частиц исследована эволюция остатка СН в неоднородной среде. Найдено, что величина IRX значительно изменяется в зависимости от прицельного расстояния в остатке СН и его возраста: в слабо неоднородной среде величина IRX быстро падает в процессе эволюции остатка СН, при наличии сильных неоднородностей более высокое значение величины IRX для поздних остатков СН на радиационной фазе поддерживается благодаря пополнению пыли в горячей газе из слабо разрушенных фрагментов, находящихся за фронтом ударной волны. Обсуждается применимость полученных результатов для анализа наблюдений остатков СН.

Дедов Евгений (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

*Механизм вспышечной активности импостора
сверхновой в галактике NGC 4559 // Е. Дедов*

Мы представляем результаты наблюдений вспышки импостора сверхновой AT 2016blu в галактике NGC4559. Одновременные фотометрические и спектральные наблюдения вспышки для данного объекта были проведены впервые и выполнялись с применением 6-м телескопа САО РАН с многорежимным фокальным редуктором SCORPIO-2, 1-м телескопа САО РАН и 2.5-м телескопа КГО ГАИШ МГУ. Наблюдения охватывают период с 19 июня по 05 июля 2023, в течение которого объект поярчал с 18.97 ± 0.04 до 16.335 ± 0.004 и ослаб до 19.107 ± 0.018 в полосе V. В полученных спектрах наблюдаются эмиссионные линии бальмеровской серии с профилем, близким к лоренцевскому (FWHM около 1000 км/с для линии H_α), а также эмиссионные линии ионов HeI и FeII. Кроме того, линии водорода и гелия имеют абсорбционные компоненты, глубина которых увеличивалась с течением вспышки. Мы оценили полную энергию, излучённую в течение вспышки как $\sim 10^{47}$ эрг, болометрическая светимость в пике составила приблизительно $2 \cdot 10^{41}$ эрг/с. Максимуму блеска соответствует цветовая температура примерно равная 10 кК, при этом её значение слабо менялось по мере развития вспышки, лишь при достижении объектом минимума блеска в конце наблюдательного ряда достигнув значения, близкого к 8 кК. На основе измерений потока в линии H мы получили оценку темпа потери массы AT 2016blu на уровне $10^{-3} \odot/yr$, который вполне достаточен для объяснения вспышечной активности источника взаимодействием ударной волны с ранее выброшенным веществом. Работа выполнена в рамках гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации No075-15-2022-262 (13.МНПМУ.21.0003).

Докучаев Вячеслав (Институт ядерных исследований
РАН)

*Выбор правильной теории гравитации по наблюдениям
силуэтов черных дыр // В. Докучаев*

Форма изображения черной дыры зависит от теории гравитации в режиме сильного поля, когда гравитационный потенциал порядка квадрата скорости света. Недавние первые наблюдения изображений черных дыр SgrA* и M87* радиоинтерферометром Телескоп Горизонта Событий подтверждают правильность Общей Теории Относительности (ОТО) Эйнштейна лишь с небольшой точностью. В ближайшие десятилетия единственный метод выбора правильной теории гравитации (между ОТО Эйнштейна и ее модификациями) - это детальное наблюдение изображений черных дыр с наносекундным угловым разрешением. Очень быстрый прогресс экспериментальной техники позволит провести такое наблюдение при реализации международного проекта Космической Обсерватории Миллиметрон, разработанного российскими учеными.

Ермаков Алексей (Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН)

Проект “РадиоАстрон”. Шумы системы и калибровка космического телескопа в полете в диапазоне 1.35 см в 2011 - 2018 гг. // А. Ермаков

Представлены результаты периодического контроля эквивалентных собственных шумов системы (System Equivalent Flux Density, SEFD) и 8 внутренних калибровочных генераторов шума, ГШ, (Noise Source Equivalent Flux Density, NSEFD) космического радиотелескопа (КРТ) по данным телеметрии в юстировочных (калибровочных) сеансах относительно двух первичных астрономических калибраторов Кассиопея А и Крабовидная туманность. Для обработки диапазона 1.35 см адаптирована прежняя система автоматизированной обработки данных, ранее успешно апробированная на аналогичной обработке измерений 2015-2018 годов с КРТ в диапазонах 6.2, 18 и 92 см. Анализ показал, что с 2011 - 2018 года присутствует дрейф мощности некоторых ГШ.

Захаров Евгений (Институт космических исследований РАН, Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики")

Ограничения на параметры частиц темной материи кэВ-го диапазона масс по данным телескопа СРГ/ART-XC // Е. Захаров

Одной из главных задач современной физики является установление природы темной материи. Согласно последним наблюдениям её вклад в плотность энергии во Вселенной составляет около 25%. На данный момент существует множество различных кандидатов на роль частиц темной материи: стерильные нейтрино, аксионы, WIMP и другие. Например, стерильные нейтрино с массами несколько кэВ могут распадаться на активные нейтрино и фотоны рентгеновского излучения. Однако так же возможны процессы, в которых частицы темной материи аннигилируют друг с другом, также порождая фотоны рентгеновского излучения. И это рентгеновское излучение, которое представляет из себя монохроматическое диффузное излучение от галактического гало, может быть зафиксировано рентгеновскими обсерваториями.

В первой части доклада представлены результаты поиска подобного излучения от гало Млечного Пути и переведены ограничения на угол смешивания стерильных нейтрино массой от 12 до 40 кэВ. При анализе использовались данные четырёх полных обзоров неба, выполненных телескопом СРГ/ART-XC в 2019 — 2021 годах. Полученные ограничения хорошо согласуются с результатами других рентгеновских обсерваторий.

Во второй части доклада также представлены результаты поиска диффузного рентгеновского излучения от гало Галактики, но полученные ограничения относятся к частицам аннигилирующей темной материи массой от 3 до 30 кэВ. В дополнение к этому, были проведены поиски аналогичного сигнала от карликовых галактик-спутников Млечного Пути. В данном анализе использовались данные четырёх полных и одного частичного обзоров неба. В результате были не только подтверждены полученные ранее ограничения, но и закрыты новые области в пространстве параметров.

Истомин Арсений (Московский физико-технический институт)

Анализ связи морфологических особенностей средних профилей интенсивности радиопульсаров с наблюдаемой модой излучения по данным FAST и MeerKAT

// А. Истомин

Данные обзоров FAST и MeerKAT значительно увеличили количество пульсаров, для которых с хорошей точностью определены поляризационные характеристики средних профилей излучения. Это, в свою очередь, позволило определить доминирующую моду наблюдаемого излучения для большой выборки радиопульсаров и статистически подтвердить теоретические предсказания, касающиеся распространения ортогональных мод излучения в магнитосфере пульсаров. В частности, как на выборке MeerKAT, так и на выборке FAST было показано, что профили интенсивности сформированные обыкновенной (O) модой в среднем оказываются шире, чем сформированные необыкновенной (X) модой, что объясняется преломлением O-моды. Также важно отметить, что сам метод определения моды излучения по поляризационным характеристикам пульсаров получил подтверждение, позволив разделить пульсары на две выборки с существенно разными распределениями ширин профилей.

Истомин Арсений (Московский физико-технический институт)

Вычисление ускоряющего потенциала и профиля плотности плазмы в магнитосфере ортогональных пульсаров // А. Истомин

В работе предложен метод вычисления ускоряющего потенциала и профиля плотности плазмы над полярной шапкой радиопульсара для случая произвольного угла наклона магнитной оси к оси вращения. В частности, для пульсаров, близких к ортогональным, вычисленный потенциал

является существенно неосесимметричным. В основе подхода лежит концепция вакуумного зазора, с зависящей от координат на полярной шапке высотой. Метод состоит в нахождении самосогласованного решения путем итеративного вычисления высоты вакуумного зазора и решения трехмерного уравнения Пуассона в соответствующей области. Для численного решения данного уравнения в частных производных был применен метод Physics-Informed Neural Networks (PINN), позволивший проводить расчет в области с переменной геометрией. Найденный потенциал позволил вычислить распределение плотности плазмы над полярной шапкой для ортогональных пульсаров, необходимое, в частности, для моделирования средних профилей интенсивности ортогональных интеримпульсных пульсаров.

Калдыбекова Амина (Институт космических исследований РАН)

Поиск кандидатов в звёзды высокой светимости в галактиках Местного объёма // А. Калдыбекова, Ю. Соловьёва, А. Винокуров

Целью данной работы является поиск LBV кандидатов в выбранных галактиках Местного объёма: NGC 1569, NGC 3234, NGC 4214, NGC 4485, NGC 4605, NGC 6503. Проведены фотометрические измерения источников в выбранных галактиках по данным Hubble Space Telescope в широкополосных фильтрах, близким к полосам V и I системы Джонсона-Козинса, и узкополосных, центрированных на длину волны H_α . В результате были отобраны 72 кандидата в звёзды высокой светимости по параметрам округлости (roundness) и резкости (sharpness), показателю цвета $(V - I)_0$, абсолютной звёздной величине M_V , избытку излучения в фильтре F657N / F658N, центрированным на длину волны H_α . Вычислен нижний предел светимости по абсолютной звёздной величине в фильтре V для всех кандидатов. Получена оценка нижнего предела температуры фотосферы выбранных источников на основе непокрашенных значений $(B - V)_0$. Оценён нижний предел массы отобранных кандидатов на основе сравнения их положений на диаграмме "температура-светимость" с эволюционными треками звёзд различной массы.

Обнаружена потенциально переменная звезда J043047.19+645100.78 в галактике NGC 1569. Амплитуда её переменности с 1996-01-10 по 2007-01-06 составила $\delta V = 1.11^m \pm 1.03^m$. Для доказательства её переменности необходимы дополнительные данные с хорошим отношением сигнал/шум.

Каляшова Мария (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Исследование распространения и ускорения частиц в

массивных звездных скоплениях с помощью МГД моделирования // М. Каляшова

Поиск источников Галактических космических лучей (ГКЛ), в том числе с энергиями выше ПэВ, является одной из важнейших задач астрофизики высоких энергий. Наряду с ускорением на ударных волнах остатков сверхновых, может иметь место ускорение ГКЛ ансамблями ударных волн в турбулентной среде молодых массивных звездных скоплений. Многие из таких скоплений являются гамма- и рентгеновскими источниками, что указывает на активные процессы ускорения частиц в этих объектах. Работа посвящена исследованию распространения и ускорения частиц в звездном скоплении путем прямого моделирования с помощью открытого МГД кода PLUTO. МГД моделирование звездных скоплений позволяет получить структуру и величины магнитных полей, скорости вещества в области взаимодействия ветров массивных звезд. В PLUTO реализован специальный модуль, который позволяет решать уравнения движения тестовых заряженных частиц совместно с МГД уравнениями для среды. В работе исследованы пространственные распределения ускоренных частиц, темп набора энергии частицами и области, в которых происходит ускорение. Работа поддержана грантом Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС».

Каминкер Александр (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Анизотропия пространственного распределения скоплений галактик // А. Каминкер

Проведен статистический анализ особенностей пространственного распределения скоплений галактик в интервале красных смещений $0.1 \leq z \leq 0.47$, как в северном, на основе спектроскопических и фотометрических измерений z [1], так и в южном полушарии, на основе фотометрических z каталога DES x w -WISE [2] (средняя погрешность $\delta z \sim 0.013$). В результате в обоих полушариях были обнаружены выделенные направления оси X , вдоль которых одномерные распределения проекций координат скоплений содержат значимые $[\gtrsim (4\sim 5)\sigma]$ квазипериодические компоненты. Показано, что выделенное направление (пучок направлений) в южном полушарии (экваториальные координаты: $\alpha_0 \sim 346$, $\delta_0 \sim -29$) является приближенным продолжением выделенного направления в северном ($\alpha_0 \sim 170$, $\delta_0 \sim 29$). Предложена процедура оценки значимости анизотропии распределения космологически удаленных объектов, образующих крупномасштабную структуру (аномалию). Эта оценка соответствует $\sim (3\sim 4)\sigma$. Выполнен предварительный анализ данных нового каталога скоплений галактик [3]. Каталог охватывает северное и южное полушария и содержит данные как спектроскопических, так и фотометрических измерений z . Подтверждено существование крупномасштабной анизотропной аномалии с выделенной осью,

близкой к указанным выше ($\alpha_0 \sim 172$, $\delta_0 \sim 29$) и содержащей квазипериодические компоненты с характерными масштабами в интервале $110 - 140 h^{-1} \text{ Мпк}$ на уровне значимости $\sim (4 \sim 5)\sigma$. Проведено предварительное сравнение с крупномасштабной анизотропией реликтового фона. Работа выполнена в рамках темы Гос.задания ФТИ им. А.Ф. Иоффе номер FFUG-2024-0002.

[1] Wen Z.L., Han J.L., Liu F.S. 2012, ApJSS 199, 34

Wen Z.L., Han J.L. 2022, MNRAS 513, 3946

Wen Z.L., Han J.L. 2024, ApJS 272, 39

Кирсанова Мария (Институт астрономии РАН)

Структура и кинематика ионизованного и нейтрального газа в областях образования массивных звезд // М. Кирсанова

В докладе приводятся параметры обзора областей образования массивных звезд Галактики в оптическом и инфракрасном диапазонах (Цейсс-1000, БТА САО РАН, 2.5-м КГО ГАИШ). Показаны первые результаты по исследованию физической структуры областей НII и областей фотодиссоциации вокруг массивных звезд. Также обсуждается кинематика газа в нейтральных оболочках областей НII и возможный физический механизм расширения оболочек: действие звездного ветра либо тепловое расширение горячего газа. Показана необходимость наблюдений областей образования массивных звезд в рентгеновском диапазоне для исследования параметров звездного ветра.

Князев Фёдор (Московский физико-технический институт)

Анализ распределения ортогональных интеримпульсных пульсаров по данным обзоров FAST и MeerKat // Ф. Князев

Данные каталогов FAST и MeerKAT значительно увеличили количество радиопульсаров, у которых детально определены поляризационные характеристики их средних профилей. Это впервые позволило на однородной выборке определить относительное количество ортогональных интеримпульсных пульсаров. При этом, был подтвержден полученный ранее на меньшей статистике (и неоднородной выборке) вывод о том, что количество ортогональных интеримпульсных пульсаров составляет не менее 3%, что позволяет сделать вывод о направлении эволюции угла наклона магнитной оси к оси вращения.

Ковалев Юрий (Московский физико-технический институт)

Эффект Джозефсона в нейтронных звездах // Ю. Ковалев

Пульсары, быстрые радиовсплески (БРВ, FRB), магнитары, галактические источники нейтрино высоких энергий могут иметь общее происхождение благодаря генерации когерентного радиоизлучения Джозефсона в сверхпроводящих протонных областях внутри нейтронных звезд и быть частными случаями модели джозефсоновского пульсара, предложенной ранее. Предполагается, что излучение генерируется в слабосвязанных сверхпроводящих областях "мантии" ("внешнем ядре") звезды и в виде основной волноводной моды TE₀₁ выходит в магнитосферу вдоль сильного магнитного поля через замагниченные трещины и разломы в коре, как из волновода, формируя на выходе диаграмму направленности (ДН) поляризованного радиоизлучения. Размеры "слабых связей" в вихревых нитях Абрикосова – порядка длины когерентности сверхпроводящих пар, как для мостиков Джозефсона в лаборатории. Сечение ДН создает наблюдаемые импульсы пульсара, БРВ или магнитара – с нейтрино или без них – в зависимости от величины внутреннего магнитного поля, доли поглощенного излучения, стабильности условий генерации и квазивакуумного распространения радиоволн, ускорения протонов, вращения/прецессии звезды, времени жизни трещин. Часть энергии вращения звезды и генерируемого излучения идет на ускорение потока частиц и создание условий квазивакуумного распространения радиоволн вдоль сильного магнитного поля в трещинах. Рентген-гамма излучение магнитаров может генерироваться ускоренными частицами потока в магнитном поле трещин коры.

Колбин Александр (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Gaia 19cwt - затменная карликовая новая типа WZ Sge с магнитным белым карликом // А. Колбин

катаклизмической переменной Gaia 19cwt (или ZTF19aamkwxk). На основе анализа долговременной переменности сделан вывод о принадлежности объекта к звездам типа WZ Sge. Кривые блеска демонстрируют затмения, повторяющиеся с орбитальным периодом 86.3206 ± 0.0005 мин, а также внезатменную переменность с периодом 6.447773 ± 0.000006 мин. Последний период является стабильным на протяжении порядка 4 лет и, по-видимому, соответствует вращению магнитного белого карлика, т.е. Gaia 19cwt является промежуточным поляром. В спектрах Gaia 19cwt проявляются фотосферные линии белого карлика, а доплеровские томограммы демонстрируют наличие аккреционного диска и горячего пятна. Анализ профиля затмения дает оценку массы белого карлика $M_1 = 0.66 \pm 0.06 M_{\odot}$, массу донора $M_2 =$

$0.073 \pm 0.015 M_{\odot}$ и наклонение орбиты $i = 83.8 \pm 1.1$. Моделирование спектрального распределение энергии указывает на температуру белого карлика $T \sim 13000$ К. Ограничение на рентгеновскую светимость $L_X < 10^{31}$ эрг/с позволяет отнести Gaia 19swm к малочисленной группе промежуточных

Корюкова Татьяна (Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН)

Первое обнаружение многочастотных событий экстремального рассеяния на кривых блеска РТАН-600 квазара 2005+403 // Т. Корюкова

Источник В2005+405 (J2007+4029) - яркий квазар в плоскости Галактики, который находится на луче зрения, проходящем через неоднородную межзвездную среду (МЗС) на галактической широте 4.3 градуса. На радиоизлучение этого источника влияют эффекты распространения, обнаруженные нами ранее по радиоинтерферометрическим наблюдениям: анизотропное угловое уширение, формирование вторичных изображений и события экстремального рассеяния (ЭР). Мы исследуем свойства рассеивающих экранов в МЗС по особенностям кривых блеска квазара, полученным за 15-летний период ежедневных наблюдений на РТАН-600 на частотах 4.7/4.8, 7.7/8.2 и 11.2 ГГц. Кривые блеска квазара характеризуются переменностью на разных временных масштабах. Самая длительная шкала составляет около семи лет и связана с внутренней эволюцией источника. Переменность, наблюдаемая на более коротких интервалах времени (1.5 года и меньше), скорее всего, связана с эффектами распространения. Обнаружены характерные симметричные модуляции яркости на масштабах три-четыре месяца, которые могут быть ассоциированы с событиями ЭР в результате прохождения рассеивающей плазменной линзы с неоднородным поперечным профилем плотности свободных электронов через луч зрения на квазар. Наблюдаемые модуляции на кривых блеска являются первым обнаружением событий ЭР на нескольких частотах одновременно для квазара 2005+403. Чтобы выйти за рамки простого обнаружения ЭР и перейти непосредственно к определению свойств межзвездной среды и дискретных плазменных структур, вызывающих эти модуляции, проведено моделирование наблюдаемых изменений плотности потока совместно на разных частотах с использованием моделей рассеивающей линзы (РЛ). Получены оценки основных физических параметров РЛ: угловой и линейный размер линзы составляют 0.5 мсек. дуги и 0.9 а.е., соответственно, собственное движение оценено как 11 мсек. дуги в год, линейная проекционная скорость равна 93 км/с, предполагая, что экран находится в области Лебеда на расстоянии 1.7 кпк. Полученные результаты согласуются с моделью плоского рассеивающего экрана, что указывает на возможную связь с фронтами ударных волн остатков вспышек сверхновых или с недавно обнаруженными радиофиламентами, ориентированными преимущественно перпендикулярно плоскости Галактики. В рамках примененных моделей восстановлен истинный,

неискаженный рассеянием угловой размер квазара на частоте и эпохе наблюдения. Так, средние размеры источника на 4.7/4.8, 7.7/8.2 и 11.2 ГГц составляют 1.6, 0.9 и 0.7 мсек дуги, предполагая коническую форму выброса.

Корягин Сергей (Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН)

Релятивистская интенсивность как уровень насыщения мазерного изгибного радиоизлучения пульсара в Крабовидной туманности // С. Корягин

Наблюдаемая мощность среднего за период низкочастотного радиоизлучения пульсара в Крабовидной туманности (на частотах порядка 100 МГц) достигает уровня так называемой релятивистской интенсивности, если диаметр источника порядка или меньше радиуса светового цилиндра (Soglasnov, 2007; Корягин, 2023). При указанном уровне напряжённости волнового электромагнитного поля покоящийся электрон приобретает осцилляторную скорость порядка скорости света. В свою очередь, для релятивистской частицы амплитуда осцилляций кинетической энергии становится порядка её невозмущённого значения (Ландау и Лифшиц, Т. 2, § 48). Настолько сильные осцилляции энергии нарушают фазовый синхронизм электрона/позитрона и излучаемой волны, необходимый для мазерного механизма излучения, и тем самым способны определять уровень насыщения волнового поля в источнике.

В докладе рассмотрено изгибное излучения пульсара в стандартной модели полого конуса (Radhakrishnan and Cooke, 1969). Предполагаем, что мазерный механизм изгибного излучения занимает предельно широкий диапазон — вплоть до частоты максимума спонтанного излучения данного типа. Вышеизложенный подход связывает частоту излучения и характерное расстояние от звезды, где оно генерируется, а также устанавливает поперечное сечение источника в зависимости от частоты. Условие насыщения мазерной генерации на уровне релятивистской интенсивности волнового поля определяет спектральную плотность потока F_ν выходящего излучения в виде степенной функции частоты ν^{-3} , показатель которой -3 совпадает с наблюдаемым значением для пульсара в Крабовидной туманности в диапазоне 100 МГц — 1 ГГц (Buhler and Blandford, 2014).

Таким образом, выполненный расчёт демонстрирует возможность насыщения мазерного изгибного излучения радиопулсара в Крабовидной туманности на уровне релятивистской интенсивности, что существенно для выбора механизма радиоэмиссии астрофизических объектов данного типа.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (государственное задание ИПФ РАН по теме FFUF-2023-0002 "Структуры, динамика и волны в лабораторной и космической плазме, квантовых материалах и газах").

Косенко Дарья (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Линии поглощения CO в Магеллановых Облаках: первое детектирование и прямое измерение CO/H₂ // Д. Косенко

Молекулярный водород H₂ – это самая распространенная молекула во Вселенной, однако из-за слабой светимости H₂ для изучения молекулярного газа в галактиках зачастую используют другую молекулу - монооксид углерода CO. Относительная распространенность молекул CO и H₂ зависит как от физических (например, плотности), так и от химических (например, содержания металлов) свойств газа, что делает измерение относительной распространенности этих молекул в различных условиях чрезвычайно важными. В работе представлен систематический поиск абсорбционных линий CO в Магеллановых Облаках в 34 системах, где были задетектированы молекулы H₂, используя архивные данные космического телескопа Хаббл. Мы идентифицировали молекулы CO в двух системах в Большом Магеллановом Облаке и в одной – в Малом, кроме того показали, что предыдущие измерения были неверны. Показано, что системы, в которых мы не задетектировали CO, можно объяснить моделями с низким тепловым давлением и/или низкой металличностью, в то время как для объяснения распространенностей в системах, где мы нашли CO, требуются модели с более высоким давлением ($p = 10^5 \sim 10^6 / 3$), чем для систем, содержащих CO, в нашей Галактике при таком же значении N(H₂). Кроме того, высокое значение давления, полученное для системы в спектре Sk 143 в Малом Магеллановом Облаке, указывает на полную молекуляризацию CO в наблюдаемой системе. Работа поддержана грантом РФФИ №23-12-00166.

Котов Сергей (Институт прикладной астрономии РАН)

Поиск галактик с активными ядрами // С. Котов

В многомерном цветовом пространстве цветовые избытки галактик образуют группы, обусловленные принадлежностью различным классам, красным смещением, а также наличием активного ядра и степенью его активности. По данным о цветовых избытках галактик из широкополосной фотометрии обзора COSMOS (Weaver et al. 2021) разработан алгоритм разделения галактик на группы на основе метода ближайших соседей. Для каждого объекта определяется среднее расстояние до ближайших n соседей в цветовом пространстве, где число n выбирается исходя из полного количества объектов выборки, степени зашумленности фотометрических данных и количества спектральных полос. Методом градиентного спуска каждый объект приводится к ближайшему сгустку плотности: среди ближайших соседей в цветовом пространстве определяется объект с наибольшей плотностью окружения. Если его ближайшие k соседей имеют меньшую плотность окружения, следовательно он и является центром сгустка. Если нет, далее по цепочке

определяется сосед с наибольшей плотностью окружения, к которому за несколько итераций сводится весь сгусток. Полученные группы галактик были исследованы на наличие рентгеновских источников. Обнаружено значимое различие числа рентгеновских источников в группах, - от 0% до $\sim 20\%$. Исследование морфологии и спектроскопии галактик показало, что в группах с повышенным числом рентгеновских источников преобладают галактики с ярко выраженной ядерной структурой и признаками активности ядра.

Кочкина Вероника (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

*Спектральное и фотометрическое исследование нового
затменного поляра Gaia 23ser // В. Кочкина*

Представлены результаты оптического исследования затменного поляра Gaia 23ser. Проведен анализ орбитальной переменности блеска в высоком ($\langle r \rangle \approx 16.5^m$) и низком ($\langle r \rangle \approx 19.2^m$) состояниях. Система имеет орбитальный период $P_{orb} = 102.0665 \pm 0.0015$ мин и демонстрирует глубокие затмения продолжительностью $\Delta t_{ecl} = 401.30 \pm 0.81$ с. Спектры имеют красный циклотронный континуум с зеемановским абсорбционным триплетом линии H, $B = 15.2 \pm 1.1$ МГц. Источник эмиссионных линий имеет высокую полуамплитуду лучевых скоростей ($K \approx 450$ км/с), а его затмение запаздывает относительно затмения белого карлика. Для линии Na и He4686 восстановлены доплеровские томограммы. Путем моделирования спектрального распределения энергии получены оценки массы $M_1 = 0.79 \pm 0.03 M_\odot$ и температуры $T = 11350 \pm 650$ К белого карлика. Продолжительность затмения соответствует массе донора $M_2 = 0.100.13 M_\odot$ и наклонению орбитальной плоскости $i = 84.3 \sim 87.0$. Из анализа эффектов эллипсоидальности, наблюдаемых в низком состоянии, а также блеска системы в затмении, сделана оценка температуры донора $T \approx 2900$ К.

Краснов Игорь (Институт ядерных исследований РАН)

*HNL see-saw: lower mixing limit and pseudodegenerate state
/ Тяжёлые нейтральные лептоны: нижняя граница
смешивания и псевдовырожденное состояние // И. Краснов*

Heavy Neutral Leptons are popular hypothetical particles, first introduced as a way to explain neutrino oscillations, and since then extensively studied in relation to many other aspects of physics beyond the Standard Model. They also serve as viable targets for direct experimental searches, being effectively described only by HNL mass and mixing with each neutrino flavor. I show the lower theoretical boundary for mixing

with a specified flavor in two and three HNLs cases and find the connection of this limit with the effective neutrino mass appearing in neutrinoless double beta decay (and similar expressions for mixing with muon and tau neutrino). I find that existing exclusion regions and their expected expansions in the near future are all described by a certain limit. I call that limit pseudodegenerate and find its relation to the symmetrical limit, already studied in the literature.

Тяжёлые нейтральные лептоны это популярный тип гипотетических частиц, который был изначально предложен для объяснения осцилляций нейтрино, но может играть значимую роль во множестве различных проявлений физики за пределами стандартной модели. Для описания взаимодействия тяжёлого нейтрального лептона с частицами стандартной модели достаточно лишь знать его массу и значения смешивания с нейтрино каждого типа, что означает возможность прямого экспериментального поиска этих гипотетических частиц. Я покажу зависимость от массы нижней границы теоретически допустимых значений смешивания тяжелых нейтральных лептонов с каждым типом нейтрино в моделях с двумя и тремя типами тяжелых нейтральных лептонов. Эта зависимость имеет прямую связь с эффективной массой нейтрино, появляющейся в безнейтринном двойном бета-распаде (и схожих выражениях для других типов нейтрино). Будет показано, что существующие экспериментальные ограничения как и ожидаемые в ближайшем будущем новые ограничения, могут быть описаны в рамках определенного приближения. Я покажу, что это приближение, которое я называю псевдовыраженным состоянием, связано с уже известным в литературе "симметричным пределом".

Круглов Алексей (Институт космических исследований
РАН)

*Средняя энергия рентгеновского спектра как индикатор
температуры и массы скоплений галактик: калибровка
при помощи космологических симуляций // А. Круглов*

Функция масс скоплений галактик является мощным инструментом современной наблюдательной космологии. Определение массы скопления возможно в том числе благодаря масштабным соотношениям между его массой и температурой горячего газа межгалактической среды, которая может быть измерена по спектральным характеристикам рентгеновского излучения. Однако получаемые значения могут быть смещены из-за неоднородности структуры горячего газа внутри скопления, наличия ярких фоновых структур на луче зрения и энергетической зависимости эффективной площади рентгеновских телескопов. Учитывая эти трудности, мы рассматриваем возможность использования такой наблюдаемой величины, как средняя энергия наблюдаемого рентгеновского спектра скопления, в качестве косвенного показателя его температуры. Основными преимуществами этого метода являются простота вычислений и отсутствие сложностей, связанных с выбором модели для аппроксимации спектра скопления. Используя выборку 84 массивных скоплений галактик из

космологических симуляций *Magneticum*, мы моделируем их наблюдения при помощи телескопа *eROSITA* обсерватории Спектр-РГ. Показано, что средняя энергия зарегистрированных отсчетов в диапазоне 0.4-7.0 кэВ может быть использована как стабильный индикатор температуры скопления с точностью порядка 10%. Калибровка зависимости средней энергии от массы скопления по космологическим симуляциям имеет статистический разброс менее 20% и слабо чувствительна к вариациям астрофизического и инструментального фона.

Кудрявцев Дмитрий (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Нейронные сети для классификации многоканальных временных рядов на примере поиска быстрых радиовсплесков на РАТАН-600 // Д. Кудрявцев

Сложность поиска быстрых радиовсплесков (FRB) заключается в относительной редкости самого явления, коротком времени события, наличии большого количества радиопомех и большом объеме получаемых данных. В настоящее время применяется подход к поиску кандидатов с помощью сверточных нейронных сетей, где анализируются "изображения" потенциальных FRB-событий, составленные из записей временных рядов, соответствующих различным радиочастотам. Особенностью данных РАТАН-600 является небольшое количество частотных каналов (в настоящее время - четыре), что затрудняет использование стандартных нейросетевых архитектур с двумерными свертками. Нами проведена адаптация архитектуры *Efficient-Net* для классификации многоканальных временных рядов с использованием одномерной свертки. Обучающая выборка составлена на основе реальных шумов и радиопомех радиометрического комплекса, а также синтетических FRB-событий. Для эффективного отсева ложноположительных результатов применяется каскадная схема из двух нейросетей. В работе демонстрируется эффективность отбора кандидатов, включая слабоамплитудные сигналы, наряду с отсевом радиопомех различного временного профиля. Разработанный подход может использоваться для классификации произвольных временных рядов, при этом количество каналов и детектируемых классов можно варьировать.

Литвинов Дмитрий (Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН)

Перспективы измерения постньютоновского параметра γ с помощью двух спутников, оснащенных высокостабильными атомными часами // Д. Литвинов

Поиск отклонений от предсказаний общей теории относительности (ОТО) является предметом активного теоретического и экспериментального исследования. Для случая слабых гравитационных полей и медленных движений удобным средством феноменологического описания подобных отклонений в рамках класса метрических теорий гравитации является параметризованный пост-ньютоновский (ППН) формализм Эддингтона-Нордтведта-Уилла. Одним из важнейших параметров данной модели является γ , равный 1 в ОТО и характеризующий задержку и искривление траектории распространения сигналов в гравитационном поле. Нами предложен метод экспериментального определения значения γ , основанный на измерении смещения частот сигналов, которыми обмениваются два оснащенных атомными часами спутника, и исследована его точность для случая спутников на гео- и гелиоцентрических орбитах. Предложенный метод, ставший возможным благодаря развитию техники создания бортовых атомных часов, обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной схемой, использованной в экспериментах с аппаратами Cassini и VeriColombo и основанной на измерении задержки распространения сигнала по трассе наземная станция – спутник – наземная станция. Так, отсутствие распространения сигналов через атмосферу Земли позволяет избежать существенного снижения их стабильности. Далее, эффект зависит не только от расположения спутников, но и от их скоростей, поэтому подходящий выбор орбит позволяет существенно увеличить амплитуду сигнала. Наконец, предложенная схема совместима с одновременным проведением других гравитационных экспериментов (поиск нарушений принципа эквивалентности, детектирование темной материи и др.) и наблюдений по схеме РСДБ. Нами показано, что с уже имеющимися сегодня оптическими часами эксперимент позволяет достичь точности определения γ не хуже 1.4×10^{-8} за 3 года накопления данных. Это более чем на 3 порядка превышает точность эксперимента с аппаратом Cassini и на 2 порядка – ожидаемую по результатам проекта VeriColombo.

Мазаева Елена (Институт космических исследований
РАН)

*Поиск оптического компонента, ассоциированного со
слиянием нейтронных звезд GW190425,
зарегистрированным детекторами LIGO/Virgo*
// Е. Мазаева

Чувствительность гравитационно-волновых детекторов LIGO/Virgo/Kagra с каждым новым циклом увеличивается. Несмотря на это, до сих пор было зарегистрировано всего два события слияния двойной системы нейтронных звезд: GW 170817 - во втором цикле (O2) и GW 190425 - в третьем цикле (O3). Для каждого из этих событий был зарегистрирован короткий гамма-всплеск. В текущем цикле (O4) до сих пор не было зарегистрировано ни одного слияния двойных нейтронных звезд. После регистрации GW 190425

сетью GRB IKI FuN проводились оптические наблюдения с целью поиска оптического компонента в потенциальных родительских галактиках в области локализации GW 190425. Для выбора галактик был использован каталог GLADE в наиболее вероятной области локализации северного полушария, предоставленной LIGO/Virgo. Все наблюдения проводились в фильтре R с пропусканием до 22 зв.в. и охватили за первые 3 дня суммарно 4 кв. град. (0.1 %) 90% области локализации источника GW 190425. В наших наблюдениях найдено 9 тыс. оптических транзиентов. Явного кандидата в оптическое послесвечение/килоновую для GW 190425 не обнаружено.

Малов Игорь (Пушинская радиоастрономическая обсерватория Астрокосмического центра Физического института РАН)

О возможной генетической связи одиночных радиопульсаров с известными остатками сверхновых
// И. Малов

Используя данные о собственных движениях 21 радиопульсара с возрастом меньше 10^5 лет и расстояний до них, а также расстояний до известных остатков сверхновых (SNR), проведен анализ возможной генетической связи между этими объектами. Оценены угловые расстояния пульсаров от предполагаемых родительских SNR. Для 20 пульсаров найдены вероятные родительские SNR. Среди них 13 пульсаров из каталога ATNF находятся в настоящее время в известных остатках сверхновых. Для 7 пульсаров такая связь установлена впервые. Показано, что распределения скоростей и средние значения скорости у пульсаров с возрастом меньше 10^5 лет и с возрастом больше 10^5 лет близки друг к другу. Это означает, что влияние гравитационного потенциала Галактики и межзвёздной среды на движение пульсаров оказывается несущественным.

Маркозов Иван (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Аккреционные каналы докритических рентгеновских пульсаров: исследование гидродинамики и излучения
// И. Маркозов

В работе представлены результаты самосогласованного радиационно-гидродинамического моделирования аккреционных каналов докритических рентгеновских пульсаров. Учтен процесс резонансного комптоновского рассеяния и поляризация вакуума. Показано, что излучение в циклотронной линии определяется гидродинамическими характеристиками течения в

аккреционном канале. Выяснено, что чем сильнее вещество тормозится на излучении от нейтронной звезды, тем больше растёт степень линейной поляризации в резонансе. При этом, спектральное положение центроида циклотронной линии смещается с увеличением степени торможения вещества в область более высоких энергий, что соответствует наблюдаемой корреляции положения циклотронной линии со светимостью пульсара для докритических темпов аккреции. Работа И. Д. Маркозова была поддержана грантом Фонда развития теоретической физики и математики БАЗИС.

Махиня Диана (Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Сарове)

Моделирование рентгеновского излучения маломассивной рентгеновской двойной системы $4U\ 1957+115$ в состоянии высокой светимости // Д. Махиня

Представлены результаты спектрального анализа двойной системы $4U\ 1957+11$, которая находится в мягком рентгеновском спектральном состоянии уже более 50 лет, по данным NuSTAR, RXTE, Suzaku и ASCA. Показано, что рентгеновские спектры источника хорошо описываются Комptonизационной моделью с фотонным индексом Γ , варьирующимся от 1.5 до 3. Обнаружен монотонный рост Γ с ростом темпа аккреции и насыщение индекса на уровне $\Gamma=3$ при высоких значениях во время рентгеновских вспышек источника. Такое поведение характерно для большинства рентгеновских двойных систем с черными дырами (ЧД). Мы оценили массу ЧД в $4U1957+11$ методом скалирования $M_{1957}=5.3 M_{\odot}$ в предположении расстояния до источника 20 кпс, используя XTEJ1550-564, H1743-322, $4U1630-47$ и GRS1915+105 в качестве опорных источников. В спектре источника найдена значительная транзитентная особенность на энергиях 10-20 кэВ, которую мы связали с гравитационной красно-смещенной аннигиляционной линией и аппроксимировали чернотельным законом с температурой 4 кэВ. Эта особенность наблюдается в спектрах источника с фотонным индексом $\Gamma \sim 2.4$ и, предположительно, формируется в слое около горизонта событий ЧД в $4U1957+115$. Кроме того, мы обнаружили уникальную фазу снижения индекса Γ от 3 до 2.4 при очень высоких темпах аккреции. Обсуждается физическая интерпретация этого нового эффекта и вывод о наличии ЧД в $4U1957+115$.

Михайлов Александр (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Радио и оптические свойства блазара $PKS\ 1614+051$ на $z=3.21$ // А. Михайлов

Представленная работа основана на данных, охватывающих период времени с 1997 по 2024 год. Радиоданные представлены квазиодновременными измерениями на частотах 1-22 ГГц (РАТАН-600), данными на частотах 5 и 8 ГГц (РТ-32) и измерениям на 37 ГГц (РТ-22). Оптические измерения в R-полосе были получены с помощью 1-м телескопа Цейсс-1000, 0.5-м телескопа AS-500/2 (САО РАН), также использованы архивные данные ZTF. Уровень переменности составляет 10-20% в зависимости от частоты наблюдения, частота максимума спектральной плотности потока в радиоспектре мало меняется в течение периода мониторинга и лежит около 5 ГГц. Анализ кривых блеска в радиодиапазоне выявляет временные задержки (от 0.6 до 6.4 лет) между излучением на разных частотах, а также временные масштабы переменности от 0.2 до 1.8 лет в системе отсчета источника, что соответствует характеристикам блазаров на меньших красных смещениях. В результате моделирования квазиодновременных радиоспектров показано, что процессы синхротронного самопоглощения и свободно-свободного поглощения могут вносить сравнимый вклад в результирующую форму спектра. В рамках SSA-модели исследовано изменение величины магнитного поля за период мониторинга, его максимальные значения составляют около 100 мГс. Спектроскопическое исследование с помощью спектрографа SCORPIO-I на БТА выявило признаки регулярного движения нейтральной водородной оболочки вокруг центра блазара, что подтверждает наличие достаточного количества газообразного вещества для формирования внешнего FFA-экрана. Полученные результаты подчеркивают важность многоволнового и долговременного мониторинга для понимания физических механизмов, определяющих переменность блазаров на больших красных смещениях.

Мкртчян Аркадий (Институт космических исследований
РАН, Московский физико-технический институт)

*Моделирование регистрации самого яркого GRB 221009A
сегментированным сцинтилляционным детектором*
// А. Мкртчян

Принцип регистрации линейной поляризации гамма-излучения основан на анизотропии комптоновского рассеяния. Это свойство используется при разработке поляриметров, представляющих собой сегментированные сцинтилляционные детекторы. Дополнительным преимуществом сегментированных детекторов является возможность локализации точечных источников и существенно меньшая подверженность эффектам мертвого времени при регистрации очень ярких событий. В работе проведено моделирование регистрации одного из самых ярких гамма-всплесков GRB 221009A сегментированным гамма-спектрометром, который входит в состав полезной нагрузки космического аппарата Чибис-АИ. Сделаны оценки влияния эффектов мертвого времени на кривую блеска при больших потоках.

Москвитин Александр (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

*Поиск признаков сверхновой в послесвечении
гамма-всплеска GRB 240825A // А. Москвитин*

В большинстве кривых блеска послесвечения близких гамма-всплесков с красными смещением до $z \sim 0.3$ обнаруживаются спектроскопические или фотометрические признаки сверхновых Ic типа. С увеличением красного смещения источника такие признаки проследить сложнее. В работе предпринята попытка обнаружить фотометрический признак сверхновой в кривой блеска послесвечения гамма-всплеска GRB 240825A с красным смещением $z = 0.659$. Данные были получены на оптических телескопах САО РАН, КрАО, Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН, Обсерватории Пик Терскол, высокогорной обсерватории Майданак.

Моторина Елизавета (Казанский (Приволжский)
федеральный университет)

*Определение параметров карликовых новых и их
временных изменений // Е. Моторина*

В работе разработан метод определения параметров карликовых новых (КН) и их временных изменений из наблюдений на несколько эпох с использованием моделирования линий H β в оптических спектрах. Метод предложен с целью улучшения точности получаемых параметров атмосферы белых карликов (БК). В качестве тестового объекта выбрана КН FL Psc, относящаяся к КН типа WZ Sge. Спектроскопические наблюдения выполнены на 6-м телескопе БТА в 2021 (спокойное состояние), 2023 (ранняя релаксация) и 2024 (поздняя релаксация) годах. Величины параметров атмосферы находились с требованием одинакового значения поверхностной силы тяжести БК. Полученные таким образом значения его эффективной температуры слабо варьируются во все эпохи наблюдений. Зарегистрированная сверхвспышка FL Psc в мае-июне 2023 года отличается крайне медленным спадом блеска (спустя 400 дней избыток яркости составляет 0,5 звездные величины). В спектрах FL Psc до и после вспышки наблюдаются эмиссионные линии H β , HeI, FeII, характерные для излучения КН, а также нехарактерные линии CaII, CaI, MgI. Доплеровская томография FL Psc показала излучение однородного аккреционного диска в линиях H β и FeII и ударного горячего пятна в линиях HeI, HeII и CaII. Поэтому сделан предварительный вывод, что при сверхвспышке FL Psc диск сохранил значительную часть своего вещества и медленно остывает при прогреве УФ-излучением БК.

Нежин Александр (Московский физико-технический институт, Институт космических исследований РАН)

Перспективы диагностики неравновесного состояния астрофизической плазмы в скоплениях галактик и остатках вспышек сверхновых по данным СРГ/eROSITA
// А. Нежин

Для таких явлений, как вспышки сверхновых или слияния скоплений галактик, характерно наличие ударных волн, распространяющихся в разреженной межзвездной или межгалактической среде. Из-за малой плотности вещество за фронтом волны оказывается в неравновесном состоянии, когда температуры электронов и ионов отличаются, а ионные доли не соответствуют равновесным, характеризуемым начальной или конечной температурой. Возникающие при этом рентгеновские спектры могут служить эффективными индикаторами параметров ударных волн и окружающей среды, включая химический состав и характер релаксационных процессов в плазме. В данной работе исследуются перспективы использования рентгеновского телескопа СРГ/eROSITA для диагностики неравновесных процессов (с учетом углового и спектрального разрешения телескопа). Для создания синтетических рентгеновских спектров разработана численная модель, учитывающая эволюцию температур компонент плазмы и ионизационного баланса для элементов от водорода до цинка. На основе полученных данных анализируется возможность извлечения информации из таких спектральных особенностей, как, например, уширение линий или отношение их интенсивностей. Также рассматривается влияние на получаемый результат проекционных эффектов и сложности используемой для аппроксимации модели.

Незабудкин Валентин (Институт космических исследований РАН, Московский физико-технический институт)

Центральный звездный диск Млечного Пути в рентгеновских лучах по данным телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ // В. Незабудкин

Центральный звездный диск (ЦЗД), а также центральное звездное скопление (ЦЗС) и сверхмассивная черная дыра Sgr A* образуют звездное население центральной области Млечного Пути. Наблюдения позволили установить, что рентгеновское излучение Галактики связано со звездным населением и преимущественно обусловлено интегральным излучением аккрецирующих белых карликов. Данное исследование посвящено излучению ЦЗД в диапазоне 4-12 кэВ по данным телескопа ART-XC обсерватории СРГ им. М.Н. Павлинского

на основе наблюдений галактического центра в 2019 году. Воспроизведены модели звездного населения для наблюдаемой области неба. В ходе работы измерена удельная рентгеновская излучательная способность ЦЗД в различных его частях, а также оценена светимость ЦЗД в диапазоне 4-12 кэВ.

Никоноров Игорь (Институт астрономии РАН)

Моделирование излучения туманностей быстролетающих пульсаров в атомарных линиях // И. Никоноров

Быстролетающие пульсары в межзвездной среде формируют в ней сильные ударные волны, которые излучают за счет неравновесных атомарных переходов. Эти ударные волны, в частности, наблюдают как H туманности. Нами был разработан пакет "Шу" для расчёта не-ЛТР карт интенсивности в более чем 150 спектральных линиях, учитывающий направление движения пульсара относительно луча зрения. Были проведены 2D релятивистские гидродинамические моделирования и по ним рассчитаны не-ЛТР карты излучения, отражающие глобальную динамику потоков газа и его детальное ионизационное состояние. Было показано, что несмотря на доминирование излучения в H, потоки в [OIII], [SII] и [NII] могут быть сравнимы с ней в случае относительно медленно движущихся пульсаров. Можно утверждать, что морфология не-ЛТР излучения является чувствительным зондом структур плотности в МЗС на малых масштабах, недоступных для изучения иными методами.

Новикова Софья (Санкт-Петербургский государственный университет)

Электрон-позитронные пары в горячих плотных колонках сверх-критических пульсаров // С. Новикова

Работа посвящена изучению возможности обильного рождения электрон-позитронных пар в аккреционных колонках рентгеновских пульсаров. Величины плотности, температуры и скорости вещества в колонке могут достигать экстремальных значений. Расчёты [1], выполненные в равновесном приближении, показывают, что при таких условиях в колонках могут возникать значительные концентрации электрон-позитронных пар, которые должны сильно исказить непрозрачность вещества. В ходе работы получены значения химического потенциала для различных концентраций пар. Получена верхняя оценка на возможную температуру колонок, при учёте их рождения. Рассчитаны сечения и интегральные темпы рождения и аннигиляции электрон-позитронных пар в сильном магнитном поле в результате однофотонных процессов. Работа И.

Д. Маркозова была поддержана грантом Фонда развития теоретической физики и математики БАЗИС.

[1] Alexander A Mushtukov, Igor S Ognev, Dmitrij I Nagirner, Electron-positron pairs in hot plasma of accretion column in bright X-ray pulsars, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, Volume 485, Issue 1, May 2019, Pages L131–L135, <https://doi.org/10.1093/mnrasl/slz047>

Панарин Степан (Казанский (Приволжский)
Федеральный Университет)

Время пикноядерного горения в коре нейтронных звезд
// С. Панарин

Оценены скорости и времена пикноядерного горения в основании коры нейтронных звезд для различных оценок масс участвующих в реакции ядер. Показано, что при реалистичном ядерном составе реакции протекают на временных масштабах, меньших времени замещения коры в ходе аккреции (~ 10 млн. лет). Обсуждаются возможности и ограничения этих реакций как механизма отвода ядер из коры для поддержания их постоянного общего числа в исследуемой области звезды.

Панков Николай (Национальный исследовательский
университет "Высшая школа экономики", Институт
космических исследований РАН)

*Автоматизация планирования наблюдений и обработки
изображений при поиске оптических транзиентов*
// Н. Панков

Автоматическое планирование наблюдений и обработка астрономических изображений в эпоху развития многоволновых и многоканальных исследований важны по нескольким причинам. Во-первых, наблюдения больших областей локализаций транзиентов, которые могут составлять сотни квадратных градусов, должны проводиться оптимально с точки зрения вероятности обнаружения источника. Во-вторых, изображения, полученные во время наблюдений различными телескопами, должны обрабатываться единообразно. Важно, чтобы оба процесса выполнялись как можно ближе к реальному времени, особенно при исследованиях быстро-переменных транзиентов, таких как оптические компоненты гамма-всплесков, в том числе ассоциированных с гравитационно-волновыми событиями LIGO, Virgo и KAGRA. В нашей работе мы представляем специально разработанное программное обеспечение для автоматического

планирования наблюдений наземной сетью телескопов (AWARE) и обработки астрономических изображений (APEX и Starfall). Представлены алгоритмы и блок-схемы конвейеров AWARE, APEX и Starfall, а также их основные возможности. Результаты полученные с помощью этих программ, продемонстрированы на примерах поиска послесвечений гамма-всплесков и смоделированных наблюдений оптических транзиентов, сопровождающих гравитационно-волновые события слияния двойных нейтронных звезд.

Позаненко Алексей (Институт космических исследований РАН)

20 лет работы детектора SPI-ACS/INTEGRAL, результаты и перспективы // А. Позаненко

За более чем 20 лет работы детектора SPI-ACS космической обсерватории INTEGRAL было получено много всемирно признанных результатов. Изначально, детектор ACS (Анти-Совпадательная Защита телескопа SPI) рассматривался именно как защита телескопа SPI. Оказалось, что детектор ACS способен на большее. Представляем результаты, которые полученны при обработке публично доступных данных для этого детектора. В частности, это регистрация гамма-всплесков для двух известных гравитационно-волновых событий слияния двойной системы нейтронных звезд, GW 170817 и GW 190425, создания одного из наиболее полных каталогов гамма-всплесков, регистрации гигантской вспышки от магнетара в M82, регистрации продленного излучения гамма-всплесков, регистрации сверхдлинных гамма-всплесков, и определения галактического фона в диапазоне более 80 кэВ.

Попов Александр (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Спектр позитронов при взаимодействии внегалактических гамма-квантов с мягкими фотонами фонового излучения // А. Попов

Рассматривается взаимодействие гамма-квантов фонового излучения на $z = 1-2$ с мягкими фотонами фонового излучения с образованием электрон-позитронных пар. Показано, что в этом случае большинство позитронов рождаются с энергией 10 GeV - 1 TeV. Однако при взаимодействии фотонов "рентгеновского" фонового излучения могут рождаться позитроны с энергиями 100 кэВ - 1 МэВ.

Просветов Артем (Институт космических исследований РАН)

Анализ формы кривых блеска сверхновых типа Ic, ассоциированных с гамма-всплесками // А. Просветов

В нашей работе мы провели анализ долговременных кривых блеска сверхновых типа Ic, а также сверхновых, ассоциированных с гамма-всплесками (GRBs). Мы выявили связь между скоростью убывания и скоростью нарастания светимости, позволяющую реконструировать форму кривых блеска на ранних этапах сверхновой. Кроме того, мы разработали метод различения сверхновых с гамма-всплесками и сверхновых типа Ic на основе формы кривой блеска.

Ревнивцев Владислав (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова, Институт космических исследований РАН)

Прецессирующий и нутлирующий аккреционный диск рентгеновского пульсара Her X-1 в данных наблюдений ART-XC // В. Ревнивцев

Проведены наблюдения рентгеновской двойной системы Her X-1 телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ в диапазоне 4–25 кэВ в момент главного включения рентгеновского источника. Определена орбитальная фаза открытия рентгеновского источника аккреционным диском ≈ 0.25 . Из анализа переменности рентгеновского излучения получены прямые наблюдательные подтверждения нутации изгибаемого наклонного прецессирующего аккреционного диска в системе Her X-1 с периодом 0.87 дня. В нутационных колебаниях потока обнаружено включение пульсаций рентгеновского излучения на орбитальной фазе ≈ 0.77 до момента главного включения. Нарастание рентгеновского потока после главного включения может быть описано прохождением излучения от центрального источника через рассеивающую корону аккреционного диска.

Рыспаева Елизавета (Крымская астрофизическая обсерватория РАН)

Исследование возможной аккреции на вырожденный компонент в звездах типа γ Cas // Е. Рыспаева

Звезда HD 110432 (BZ Cru, V0.5IVpe) является первой из обнаруженных звезд загадочного подкласса аналогов γ Cas. К подклассу относятся одиночные или двойные с маломассивным спутником Be звезды, у которых рентгеновская светимость выше, чем у типичных Be звезд, но ниже, чем у двойных систем с Be компонентами, а в предположении о полностью тепловой природе рентгеновского излучения звезд типа γ Cas, температура излучающей плазмы достигает 10-20 кэВ и даже выше. Рентгеновские наблюдения HD 110432 на разных спутниках указывали на наличие у звезды вырожденного компонента в виде аккрецирующего белого карлика, но оптические наблюдения не подтверждали двойственности объекта. В статье Smith et al. (2012) были исследованы рентгеновские кривые блеска звезды и обнаружены 1615 «быстрых вспышек» («flare-like events»), длительностью до полутора минут. "Быстрые вспышки" авторы объясняли либо пересоединением силовых линий магнитных полей декреционного диска и звезды, либо аккрецией на вырожденный компонент. В настоящей работе выполнен аналогичный Smith et al. (2012) поиск быстрых вспышек в кривых блеска из более поздних наблюдений на спутниках «XMM-Newton» и «Chandra» HD 110432 и другого аналога γ Cas HD 212571 (π Aqr, V1III-Ive) с похожими свойствами рентгеновского спектра, а также в рентгеновских кривых блеска обеих звезд на разных диапазонах энергий. Для сравнения выполнен такой же поиск быстрых вспышек в рентгеновских кривых блеска двух симбиотических звезд с Be-компонентами HD 182917 (V*CN Cyg, M7IIIab+Be), HD 221650 (V* Z And, M2III+V1eq). На симбиотических звездах обнаружено число быстрых вспышек, схожее с таковым на звездах типа γ Cas. Эти результаты позволяют предположить о возможности аккреции в звездах аналогов γ Cas, имеющих вырожденные компоненты. Настоящее исследование поддержано грантом РФФ 23-22-00090.

Исследование быстрых рентгеновских вспышек на звездах аналогов γ Cas и типичных Be-звездах

// Е. Рыспаева

К загадочному подклассу звезд аналогов γ Cas относятся одиночные или двойные с маломассивным спутником Be звезды, у которых рентгеновская светимость выше, чем у типичных Be звезд, но ниже, чем у двойных систем с Be компонентами. В предположении о полностью тепловой природе рентгеновского излучения звезд типа γ Cas, температура излучающей плазмы достигает 10-20 кэВ и даже более. Эти высокие температуры объясняются либо аккрецией на вырожденный компонент, либо взаимодействием локальных магнитных полей звезды с магнитным полем диска. Наблюдения аналогов γ Cas, проведенные через длительные временные промежутки, показали, что рентгеновские спектры таких звезд могут меняться со временем, что может быть обусловлено изменением параметров их декреционных дисков (массы, плотности, угла наклона и других). В настоящей работе проанализированы рентгеновские кривые блеска восьми звезд типа γ Cas и 8 типичных Be-звезд. Выполнен поиск коротких (быстрых) вспышек в кривых блеска на диапазонах энергий 0.2-10 кэВ, 0.2-1 кэВ, 1-2 кэВ, 2-4 кэВ, 4-8 кэВ. Быстрыми вспышками считались увеличения скорости счета относительно гипотетического медленно меняющегося «уровня без вспышек», который принимался равным определенному процентиллю,

вычисленному в предположении, что числа отсчетов в кривой блеска описываются распределением Пуассона. Определены длительности вспышек, интервалов без вспышек, интегральные мощности вспышек. В каждой кривой блеска найдено от нескольких десятков до сотен быстрых вспышек, длительностью от нескольких секунд до 8 минут, а интервалы без вспышек достигали нескольких килосекунд. Показано, что на звездах типа γ Cas быстрые вспышки преобладают на энергиях 1-4 кэВ, а на типичных Be-звездах обнаружено меньше быстрых вспышек и они генерируются преимущественно на энергиях 0.2-2 кэВ. Формирование горячей плазмы, излучающей в диапазоне энергий 0.2-2 кэВ, может быть интерпретировано в модели нановспышек (Cargill & Klimchuk, 1997), описывающей рентгеновское свечение солнечной короны и применимой для описания корон других звезд. Обнаруженные быстрые вспышки звезд типа γ Cas на энергиях выше 2 кэВ могут быть обусловлены взаимодействием локальных магнитных полей звезды с магнитным полем диска. Настоящее исследование поддержано грантом РФФ 23-22-00090.

Сейфина Елена (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова)

Анализ рентгеновского излучения галактики NGC 1566 при смене ее типа // Е. Сейфина

Представлены результаты спектрального и временного анализа ближайшего к нам активного ядра галактики NGC1566 со сменой типа (СТ) на основе рентгеновских наблюдений обсерваторий NuSTAR, Suzaku и Swift с применением комптонизационной модели. Обнаружено, что NGC1566 во время событий СТ показала поведение, характерное для рентгеновских вспышек объектов с черными дырами (ЧД). При этом обнаружен эффект насыщения фотонного индекса рентгеновского спектра источника на уровне $\alpha=2.1$ во время серии вспышек, что позволило оценить массу ЧД в центре NGC1566 методом скалирования: $M_{sc} = 2 \cdot 10^5 \odot$. Эта оценка оказалась на два порядка меньше по сравнению с оценкой массы ЧД в NGC1566 по наблюдаемым дисперсиям скоростей звезд ($M_{dyn} = 10^{6.92} \odot$). Обсуждается вывод о возможной двойственности ядра в NGC1566 при которой рентгеновская переменность NGC1566 может быть связана с прохождением второй ЧД через аккреционный диск вокруг первой, более массивной, ЧД в центре NGC 1566.

Сибгатуллин Аскар (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

Исследование кандидата в карликовые новые

OGLE-BLG-DN-0064 в рентгеновском и оптическом диапазонах // А. Сибгатуллин

Карликовыми новыми называют немагнитные катаклизмические переменные, проявляющие регулярную вспышечную активность, связанную с нестабильностью в аккреционном диске. Источник OGLE-BLG-DN-0064 (далее OGLE64) был классифицирован как потенциальный кандидат в карликовые новые на основе регулярной вспышечной активности, обнаруженной оптическим обзором OGLE. В работе исследуется рентгеновское и оптическое излучение источника OGLE64 на основе архивных данных рентгеновских обсерваторий Chandra, Swift и оптических наблюдений на 6-м телескопе БТА САО РАН. Источник OGLE64 демонстрирует рентгеновскую светимость $L_X \approx 1.6 \times 10^{32}$ эрг/с и высокое отношение рентгеновского потока к оптическому $F_X/F_{opt} \approx 1.5$, характерные для аккрецирующих белых карликов. Рентгеновский спектр OGLE64 аппроксимируется моделями степенного закона с фотонным индексом $\Gamma \approx 1.9$ и оптически тонкой плазмы с температурой $kT \approx 6.4$ кэВ. Оптический спектр демонстрирует эмиссионные линии водорода и нейтрального гелия, в некоторых из которых наблюдается двухпиковая структура. Анализ вспышечной активности OGLE64 по данным оптических обзоров OGLE, ZTF, ATLAS и ASAS-SN выявил наличие сверхвспышек с характерным сверхциклом $P_{super} \approx 400$ суток. Значимой переменности ни в рентгеновской, ни в оптических кривых блеска OGLE64, которая могла бы быть связана с затмениями в системе, не обнаружена. Оценки орбитального периода системы косвенными методами демонстрируют, что период, вероятно, находится в диапазоне $P_{orb} \sim 1.5 - 3$ часа. Свойства рентгеновского и оптического излучения источника OGLE64 позволяют заключить, что система является карликовой новой типа SU UMa.

Сотникова Юлия (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Многоволновые свойства переменности блазара Top599 // Ю. Сотникова

В докладе представлен анализ переменности излучения блазара Top 599 в диапазоне длин волн, от радио- до гамма-лучей. Основу наблюдательного материала составляют многолетние измерения на радиотелескопах: РАТАН-600 САО РАН на 1-22 ГГц (1997-2024 гг.), РТ-22 КрАО РАН на 37 ГГц (1997-2024 гг.), РТ-32 сети КВАЗАР-КВО (ИПА РАН) на 5 и 8.6 ГГц. Оптические измерения с 2005 года в R-диапазоне получены на телескопах Цейсс-1000, AS 500/2 (САО РАН), LX-200 (СПбГУ), АЗТ-8 (КрАО РАН), также привлечены данные ZTF. В гамма-диапазон представлен измерениями спутника Fermi с 2008 г. Характерной особенностью кривых блеска Top 599 является наличие квазипериодических состояний повышенной активности в радиодиапазоне, которые характеризуются тройными вспышками. Такие

состояния наблюдаются приблизительно каждые 7-8 лет в течение 1997-2024 гг. Комплексное исследование кривых блеска выполнено методами структурных функций, кросс-корреляционного анализа, вейвлет-анализа и периодограмм Ломба-Скаргла. Выявленные временные масштабы переменности и временные задержки между вспышками позволяют оценить размеры излучающих областей и расстояние между областями излучения, детектируемого в разных диапазонах. Поиск квазипериодичности выявил значимый пик ($>3\sigma$) в 2-3 года, рассмотрены возможные причины периодичности. Моделирование механизмов синхротронного самопоглощения, выполненное на основе квазидновременных радиоспектров блазара на 1-37 ГГц, позволило построить картину временной эволюции величины магнитного поля в нем.

Сусликов Михаил (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

Поляр II Leo с низким темпом аккреции // М. Сусликов

Поляры являются магнитными катаклизмическими переменными, состоящими из белого карлика (аккретора) с сильным магнитным полем $\sim 10^6 - 10^7$ Гс и холодного красного или коричневого карлика главной последовательности (донора). В процессе аккреции происходит захват вещества донора магнитным полем, в результате чего на поверхности белого карлика формируется аккреционная область, которая является источником тормозного рентгеновского излучения и циклотронного излучения в оптическом или инфракрасном (ИК) диапазоне. В данной работе выполнен анализ фазово-разрешенной спектроскопии поляра II Leo в состоянии низкого темпа аккреции, полученной на БТА/SCORPIO-1, а также из архивных наблюдений VLT/XSHOOTER. Проведено моделирование спектров II Leo с использованием двухкомпонентного источника, включающего в себя излучение белого карлика и аккреционного пятна. Расчет спектра аккреционного пятна проводился в "бомбардировочном приближении" (Woelk, Weiermann, 1992), реализуемого в сильном магнитном поле при низких темпах аккреции. Моделирование циклотронных спектров гидродинамической моделью пятна дает оценку темпа аккреции $5 \cdot 10^{-13} - 10^{-12} M_{\odot}/\text{год}$. Сделана оценка индукции магнитного поля по циклотронному спектру и зеемановскому расщеплению фотосферной линии H бета. Проведено восстановление ориентации магнитного диполя и определение координат аккреционного пятна на поверхности белого карлика. Получено описание рентгеновских спектров по наблюдениям космического телескопа Swift/XRT, а также выполнено моделирование спектрального распределения энергии II Leo, построенного на основе данных из каталогов GALEX, Swift/UVOT, SDSS и Pan-STARRS.

Тодоров Роман (Московский физико-технический институт)

О природе отдельных радио-уярчений в парсековых струях квазаров // Р. Тодоров

Релятивистские струи квазаров при РСДБ-наблюдениях демонстрируют отдельные уярчения (т. н. компоненты), зачастую движущиеся с видимыми сверхсветовыми скоростями. Кинематический анализ компонент на основе РСДБ-мониторинга выборок объектов является одной из основ текущего понимания динамики струйных выбросов. Однако, интерпретация кинематических данных существенно зависит от природы компонент - определяется ли скорость уярчения скоростью плазмы струи или же, например, скоростью фронта ударной волны? В случае ударных волн ожидается систематическое уплощения спектра радиоизлучения в области отдельных компонент, связанное с ускорением частиц. Ранние работы действительно обнаруживают подобный эффект. Однако наш недавний анализ показал, что процедура РСДБ-картографирования может искусственно искажать спектральные карты струйных выбросов систематическим образом, делая спектр более крутым в протяженных областях пониженной яркости и, таким образом, создавая кажущееся уплощение спектра в области уярчений. Другими словами, систематика РСДБ-картографирования может мимикрировать под физический эффект. В данной работе мы используем предложенный нами несмещенный анализ РСДБ-данных для исследования природы отдельных уярчений на основе многочастотных наблюдений выборки сотен объектов.

Уваров Юрий (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Некоторые подходы к моделированию карт интенсивности и поляризации рентгеновского излучения остатков сверхновых // Ю. Уваров

Остатки сверхновых звёзд (ОСН) являются источниками генерации ускоренных частиц и магнитных полей в окрестности распространяющейся в межзвездную среду ударной волны (УВ). Одной из компонент нетеплового излучения таких частиц является синхротронное излучение, которое существенно поляризовано. Область генерации рентгеновского синхротронного излучения при этом локализована в узком слое вблизи УВ. Недавние наблюдения IXPE показали, что от некоторых ОСН действительно наблюдается значимое поляризованное рентгеновское излучение. В работе Vukov, Osipov, Uvarov et al. 2024 была рассмотрена модель, позволяющая объяснить наблюдаемую поляризацию в ОСН Тихо. Ширина излучающего слоя при этом определялась синхротронными потерями электронов.

Другие же эффекты, связанные с пространственной неоднородностью и экспоненциальным завалом на высоких энергиях функции распределения электронов, влияющие на карты и радиальные профили интенсивности, не рассматривались. В данном докладе обсуждаются эффекты, связанные с конечностью длины корреляции магнитного поля и завалом функции распределения частиц на высоких энергиях, в отдельных случаях приводящие к сильной клампированности рентгеновских изображений и изменению характерной ширины пика радиального профиля рентгеновского излучения.

Усынина Полина (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова)

Поиск следов присутствия сверхлегкой скалярной темной материи в поляризационных данных Европейской Пульсарной Сети // П. Усынина

Сверхлегкие аксионо-подобные частицы являются одним из вероятных кандидатов в темную материю. Скалярное поле, ассоциированное с этими частицами, в сочетании с электромагнитным полем будет вести себя как активная двулучепреломляющая среда, изменяя поляризационные характеристики света, который через нее проходит. В частности, осцилляции поля аксионов вызовут монохроматические вариации плоскости линейной поляризации астрофизических источников. Радиопульсары являются хорошим источником для исследования данного эффекта из-за их высокой степени линейной поляризации и пренебрежимо малых флуктуаций поляризационных характеристик. В работе использовались 12 самых ярких источников Европейской Пульсарной Сети для поиска следов присутствия аксионного поля в поляризационных данных. В качестве методов использовались фреквентистская и байесовская статистика независимо друг от друга. В результате применения фреквентистских методов, использующих в своей основе периодограммы Ломба-Скаргла, статистически значимого сигнала не было обнаружено. В модели, использующей байесовский анализ, были учтены возможные детерминистские систематики. В результате байесовского анализа статистически значимый сигнал был обнаружен в нескольких частотных окнах между 10^{-8} Гц и 2×10^{-8} Гц для нескольких источников, что может быть объяснено влиянием ионосферы Земли. В результате работы были построены верхние оценки константы фотонно-аксионного взаимодействия для диапазона масс частиц между 6×10^{-24} эВ и 5×10^{-21} эВ. В заключении работы обсуждаются проблемы, которые могут ограничить чувствительность поиска аксионо-подобных частиц в поляризационных данных пульсаров, и возможные пути их решения.

Фурсов Александр (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Радиодиск в пульсарной туманности Вела // А. Фурсов

В работе исследована связь между радио и рентгеновскими структурами пульсарной туманности Вела. В мягком рентгене у Велы виден двойной тор, а в радио – два ярких лепестка. Лепестки лежат за пределами двойного тора, и симметричны относительно его полярной оси. Похожие радиолепестки имеются и в других туманностях с признаками двухторовой рентгеновской морфологии. Шевалье и Рейнольдс [1] интерпретировали радиолепестки как части толстого радиодиска, природу которого они не обсуждали. Выявление этой природы и установление прямой связи между радиодиском и двойным тором облегчило бы классификацию туманностей по рентгеновскому морфотипу в тех случаях, когда удаленность туманности не позволяет это сделать при помощи рентгеновских телескопов. Мы показываем, что радиодиск и двойной тор взаимосвязаны. Оба возникают из-за особой структуры плазменных потоков, которая отличает туманности слабосверхзвуковых пульсаров с большим магнитным наклоном и слабо-замагниченным пульсарным ветром. На экваторе таких туманностей может формироваться популяция радиоэлектронов (электронов, излучающих в радиодиапазоне синхротронным образом) с анизотропным распределением по скоростям. Именно эта популяция радиоэлектронов может быть ответственна за создание радиодиска. Этот вывод подкрепляется численным моделированием эволюции тестовых частиц-радиоэлектронов в релятивистской МГД-модели двухторовой пульсарной туманности.

[1] Chevalier R A and Reynolds S P, 2011, ApJ, 740, 26

Хабибуллин Альберт (Национальный исследовательский университета "Высшая Школа Экономики")

*Высокочастотные квазипериодические осцилляции
гигантской вспышки магнетара GRB 231115A*

// А. Хабибуллин

Магнетары - нейтронные звезды с сильным (до 10^{15} Гс) магнитным полем. Во время экстремальной активности магнетаров могут наблюдаться гигантские вспышки - короткие всплески гамма-излучения. Во время гигантских вспышек могут наблюдаться как низкочастотные (до нескольких сотен герц), так и высокочастотные (выше 500 Гц) квазипериодические осцилляции (КПО). В работе представлен частотный анализ гигантской вспышки магнетара в галактике M82, изначально получившей название GRB 231115A. Анализ проведен с использованием данных экспериментов Fermi/GBM и INTEGRAL/ISGRI. Были найдены КПО на частоте ~ 1700 Гц, локализованные на фазе роста в первых 3-5 мс основного пика в кривой блеска

вспышки. В дополнение к уже существующим в литературе свидетельствам принадлежности GRB 231115A к классу гигантских вспышек, найденные КПО подтверждают статус этого явления как гигантской вспышки магнетара.

Хрыкин Илья (Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso)

Космические барионы, подсвеченные быстрыми радиовсплесками // И. Хрыкин

Несмотря на неизвестную природу, быстрые радиовсплески (FRB) стали уникальным инструментом исследования различных астрофизических процессов и явлений. Так, FRB сыграли первостепенную роль в решении «проблемы потерянных барионов», уверенно подтвердив предсказание Λ CDM космологической модели. Однако, один из важнейших вопросов касающийся относительного распределения барионов между диффузной межгалактической средой (IGM) и окологалактической средой (CGM) остается нерешенным. Информация о распределении космических барионов позволила бы уточнить модели формирования и эволюции галактик, механизма обратной связи и звездообразования, эволюции газа в IGM. Однако, точное измерение распределения барионов осложняется крупномасштабной структурой, лежащей вдоль луча зрения между наблюдателем и FRB. В докладе представлен способ решения этой проблемы путем восстановления крупномасштабного распределения плотности на основании спектроскопических измерений пространственного распределения галактик, находящимися между наблюдателем и локализованными FRB. В докладе обсуждается проект FLIMFLAM - продолжающийся с помощью телескопа AAT (а также Keck, VLT, Subaru) спектроскопический обзор галактик перед ~ 30 FRB, обнаруженных радиотелескопом ASKAP (CRAFT) и локализованных коллаборацией F^4 . В докладе представлен первый релиз данных FLIM-FLAM, включающий в себя анализ распределения барионов на основании наблюдений 8 FRB. Показаны первые прямые измерения относительного разделение космических барионов между IGM и CGM, а также измерение вклада родительских галактик в наблюдаемые меры дисперсии FRB.

Чугунов Илья (Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН)

Звездообразование в спиральных рукавах галактик и между ними // И. Чугунов

Природа и механизм формирования спиральной структуры дисковых галактик остается не до конца изученным явлением. Например, в частности, не ясно связан ли повышенный темп звездообразования в спиральных рукавах с более

высокой эффективностью превращения газа в звёзды, или же причина только в том, что в спиральных рукавах скапливается большее количество газа?

В данной работе изучено, как отличается удельный темп звездообразования в спиральных рукавах галактик и в межрукавном пространстве, а также для некоторых галактик – эффективность звездообразования. Исследованы три очень разных наблюдательных выборки галактик, для которых возможно оценить пространственно-разрешённый темп звездообразования и распределение массы: 1) близкие хорошо разрешенные галактики в данных S4G и Dustpedia 2) несколько сотен галактик из SDSS-MaNGA и 3) далекие галактики на $z \sim 1$, для которых были использованы изображения HST и JWST. Для выделения областей, относящихся к спиральному узору, применялись результаты авторской фотометрической декомпозиции, а также результаты проекта Galaxy Zoo:3D.

Нами найдено, что удельный темп звездообразования в спиральных рукавах оказывается в среднем на 30% выше, чем в межрукавном пространстве без значительных различий между выборками, несмотря на такое разнообразие использованных данных, причем это же соотношение наблюдается и в далеких (~ 8 млрд. лет назад) галактиках. Проведенное большое количество проверочных тестов, изучено также время истощения газа в близких галактиках для спиралей и между ними. Полученный результат согласуется с картиной в которой эффективность звездообразования в спиральных рукавах не растет, иными словами, спиральные рукава всего лишь служат "аккумуляторами" большего количества газа.

Шапошников Илья (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ имени М.В. Ломоносова)

Спектроскопический поиск изменений орбитального периода WR+OB систем: темпы потери массы звездами WR // И. Чугунов

В настоящей работе приводятся динамические оценки темпов изменения орбитального периода и потери массы звездами WR для ряда тесных двойных систем типа WR+OB, преимущественно основанные на многолетних спектроскопических наблюдениях. Изменения орбитального периода зафиксированы у пяти исследованных систем: V444 Cyg, CQ Ser, CX Ser, WR 127 (Hep 3-1772) и WR 141 (V2183 Cyg).

Для надежной оценки темпа потери массы по изменению периода для наиболее тесных систем получены формулы, учитывающие конечные размеры звёзд и эффекты неконсервативности массообмена. Значения темпов потери массы звездами WR показывают степенную зависимость от массы звезды с показателем около 1.6, которая приводит к широкому спектру масс образующихся в конце их эволюции черных дыр.

Шлейгер Леонид (Физико-технический институт имени
А. Ф. Иоффе РАН)

Осцилляции нейтрино в ранней Вселенной // Л. Шлейгер

Рассматриваются осцилляции всех 4-х типов нейтрино в ранней вселенной, стерильные нейтрино массой 2.7 эВ, создаются через осцилляции 3-х активных сортов в диапазоне температур $3 < T < 30$ МэВ. Вероятности перехода нейтрино сильным образом зависят от температуры плазмы T , получены вероятности осцилляций в материи всех сортов, возможны случаи резонансной накачки. Так же рассмотрено влияние асимметрии на потенциал взаимодействия с первичной плазмой и вероятности осцилляций в плазме. Работа сделана при поддержке гранта РФФИ №23-12-00166.

Шолухова Ольга (Специальная астрофизическая
обсерватория РАН)

Спектральные исследования звезд высокой светимости в галактике IC342 // О. Шолухова

На примере галактики IC342 демонстрируются возможности спектрального изучения звезд высокой светимости в галактиках за пределами Местной группы. Проведены спектральные наблюдения 24 из 27 отобранных объектов в этой галактике как кандидатов в массивные звезды на 6-метровом телескопе БТА САО РАН и на 3.5-метровом телескопе Обсерватории Апачи-Пойнт (Apache Point Observatory).

12 объектов представляют собой одиночные сверхгиганты классов от O9 до F5 или пространственно неразрешенные молодые компактные скопления, один источник с абсорбционным спектром, вероятно, принадлежит нашей Галактике. Спектры семи объектов показали особенности, характерные для звезд Вольфа-Райе или для компактных скоплений, содержащих звезды Вольфа-Райе. Один источник является компактным остатком сверхновой, один объект — кандидат в B[e]-сверхгиганты.

В галактике обнаружены два LBV-подобных объекта. Мы выявили наблюдательные особенности, характерные для таких звезд. Их спектры демонстрирует типичные для LBV эмиссионные линии: широкие и сильные линии водорода, линии He I и Fe II. Нами получены оценки межзвездного покраснения, температуры фотосфер, радиусов и болометрической светимости звезд, используя их спектральные распределения энергии.

Штернин Пётр (Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН)

Расчёт излучения нейтрино при куперовском спаривании методами кинетического уравнения // П. Штернин

Одним из процессов, приводящих к излучению нейтрино из недр сверхтекучих нейтронных звёзд является процесс излучения нейтрино при куперовском спаривании нуклонов. При расчете интенсивности этого излучения требуется корректный учёт многочастичных эффектов, в первую очередь самосогласованного отклика сверхтекучего конденсата. Такое рассмотрение для спин-синглетного спаривания проводилось многими авторами и для спин-триплетного случая в серии работ Л.Б. Леинсона в длинноволновом пределе. Все эти расчёты опираются на достаточно громоздкие уравнения в рамках диаграммной техники Ларкина-Мигдала-Леггетта или родственных подходов.

Мы показываем, что излучение нейтрино при куперовском спаривании может быть корректно рассчитано исходя из более простого формализма, основанного на использовании матричного кинетического уравнения для сверхтекучей ферми-системы. Результаты для различных типов спаривания могут быть получены в рамках единого формализма и в предельных случаях воспроизводят имеющиеся в литературе результаты. Работа поддержана РФФ № 24-12-00320.

Щекотихин Евгений (Институт космических исследований РАН)

Применение нейронных сетей для поиска оптических транзиентов на астрономических изображениях методом вычитания // Е. Щекотихин

Объектами данного исследования являются методы обработки и вычитания астрономических изображений, полученных в ходе различных оптических обзоров с целью поиска с использованием вычитания изображений оптических транзиентов. В работе рассмотрен новый метод преобразования вычитаемого изображения к поисковому, основанный на обучении модели сверточной нейронной сети соответствующему преобразованию с пары вычитаемых изображений в рамках обучающей маски непосредственно перед вычитанием. На парах фрагментов изображений, полученных на Абастуманской астрофизической обсерватории и фрагментов обзора Pan-STARRS продемонстрирована эффективность метода как для идентификации транзиентных источников, так и для оценки их потока. Актуальность работы заключается в том, что метод может применяться для любых изображений, в том числе для пары изображений полученных на различных телескопах, а также для других задач. Также планируется имплементация алгоритма в действующий программный конвейер для обработки

астрономических изображений в широких полях зрения и поиска оптических транзиентов по программе наблюдений космических гамма-всплесков и источников электромагнитного излучения, ассоциированных с гравитационно-волновыми событиями, регистрируемыми детекторами LIGO-Virgo-KAGRA.

Южанина Ксения (Казанский (Приволжский)
Федеральный Университет)

Радиосвойства HFP блазара PKS 2126-15 на $z = 3.26$

// К. Южанина

В работе представлено исследование радиосвойств HFP (high-frequency peakers) блазара PKS 2126-158 на красном смещении $z = 3.268$. Исследование основано на данных, охватывающих период времени с 1997 по 2024 год. Начиная с 2020 года, PKS 2126-158 демонстрирует постоянную тенденцию к увеличению спектральной плотности потока. Радиоданные представлены квазиодновременными измерениями на частотах 1–22 ГГц, полученными на радиотелескопе РАТАН-600 САО РАН, данными на частоте 5 и 8 ГГц телескопов РТ-32 ИПА РАН и данными на частоте 37 ГГц телескопа РТ-22 КрАО РАН. Описание квазиодновременных радиоспектров проводилось на основании двух моделей - синхротронного самопоглощения (synchrotron self-absorption, SSA) и свободно-свободного поглощения (free-free absorption, FFA). На основании модели SSA была оценена эволюция магнитного поля.