



ВСЕРОССИЙСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
hea



АСТРОФИЗИКА
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА
**19-22·XII
2022**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всероссийская астрофизическая конференция

**АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА (HEA-2022)**

19-22 декабря 2022 г.

проводится при финансовой поддержке:

Института Космических Исследований Российской Академии Наук

Москва

2022

ТЕМАТИКА конференции традиционно будет охватывать все разделы астрофизики высоких энергий и наблюдательной космологии. Особое внимание будет уделено результатам первых трех лет работы российской орбитальной рентгеновской обсерватории Спектр-Рентген-Гамма (СРГ).

Оставшееся время конференции будет отведено для докладов по всем приоритетным направлениям релятивистской астрофизики, внегалактической астрономии и космологии. Среди них:

- Наблюдательная космология и крупномасштабная структура Вселенной
- Скопления галактик и физика горячего газа в скоплениях
- Галактики и их активные ядра, квазары, космический рентгеновский фон
- События приливного разрушения звезд и другие внегалактические транзиенты
- Астрофизические нейтрино и их источники
- Изолированные нейтронные звезды, магнитары, быстрые радиовсплески
- Теория аккреции, рентгеновские двойные системы
- Сверхновые и остатки вспышек сверхновых, гамма-всплески
- Слияния нейтронных звезд и черных дыр, гравитационно-волновые события

Конференция проводится отделом Астрофизики Высоких Энергий ИКИ РАН.

Программный комитет:

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

Организационный комитет:

А.А. Лутовинов (председатель), Е.А. Кузнецова (заместитель председателя), М.И. Бельведерский, А.С. Горбан, Е.И. Захаров, А.А. Кирпиченкова, Р.А. Кривонос, С.А. Прохоренко, А.Ф. Рыбакова, А.Д. Самородова, Г.С. Усков, Г.А. Хорунжев.

Устные доклады

Сергей Александрович Балашев (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Молекулярный газ в ближайшей окрестности квазаров
// С.А. Балашев, П. Нотердам

В последнее время появляется все больше свидетельств тесной связи между эволюцией массивных галактик и сверхмассивными черными дырами, находящимися в их центре. Ключевым элементом этой взаимной зависимости является мощные истечения из Активных Галактических Ядер (АЯГ), запускаемые интенсивной аккрецией. Недавно мы показали, что идентификация в спектрах SDSS систем поглощения молекулярного водорода (H_2) и протяжённого излучения в линии Ly-альфа позволяет нам отбирать квазары I типа с активными истечениями, идентифицируемые в различных фазах. В этом докладе я представлю новые результаты детальных оптических и суб-мм наблюдений этих квазаров. Наблюдения, выполненные на телескопе VLT, с использованием спектрографа X-shooter, показывают, что абсорбционные линии H_2 возникают в сжатом холодном газе в непосредственной близости от АЯГ (<нескольких кпк) и, следовательно, подвергается воздействию сильного поля излучения, типичного для областей фотодиссоциации в молекулярных облаках галактик. Наблюдения, выполненные на интерферометре NOEMA, в субмиллиметровом диапазоне указывают на большое количество молекулярного газа, вероятно, находящегося в родительских галактиках. Эти наблюдения важны для изучения относительного вклада эволюции и ориентации в феномен квазаров и имеют большой потенциал для изучения обратной связи квазаров и их родительских галактик. Работа поддержана грантом РФФИ 18-12-00301.

Владислав Валерьевич Баринов (Институт ядерных исследований РАН)

Корреляционный анализ распадающейся темной материи в контексте миссии CPG // В.В. Баринов

Проводится корреляционный анализ различных сигнатур, связанных со следами распада темной материи и пространственным распределением галактик, которые играют важную роль в контексте текущих и будущих

наблюдений и космологических ограничений. Обращено внимание на ограничения, которые можно получить для распадающихся стерильных нейтрино при анализе наблюдений в рамках миссии "Спектр-Рентген-Гамма" (СРГ). Мы исследуем корреляционные спектры этих сигнатур, которые могут быть получены как для телескопа eROSITA, так и для телескопа ART-XC, и исследуем применимость мультипольного приближения.

Максим Владимирович Барков (ИНАСАН)

Быстрые радио всплески: мазерный синхротрон и периодичность // М.В. Барков

Мы рассматриваем магнитарную вспышечную модель для объяснения природы быстрых радиовсплесков (FRB). Показано, что миллисекундный всплеск достаточной мощности может генерироваться синхротронным мазерным излучением, возникающем на обратной ударной волне, распространяющейся через слабо замагниченную среду, образующейся при вспышке магнитара. Если мазерное излучение генерируется в анизотропном режиме (из-за геометрии области рождения или наличия мощного внешнего источника стимулирующих фотонов), то длительность мазерных радио вспышек близка к длительности вспышки магнитара даже если радиус фронта ударной волны велик (10^{15} см). Наш сценарий позволяет смягчить требования к нескольким ключевым параметрам: напряженности магнитного поля в месте образования, светимости вспышки и Лоренц фактору течения в излучающей области. Мы изучаем статистическую связь между мощными магнитарными вспышками и частотой FRB. Оказалось, что только небольшая часть ($\sim 10^{-5}$) мощных магнитарных вспышек вызывает FRB. Это соотношение на удивление хорошо согласуется с нашими оценками: мы получили, что 10% магнетаров должны находиться в эволюционной фазе, подходящей для производства FRB, и только 10^{-4} всех вспышек предполагается слабо замагниченными, что является необходимым условием для высокочастотного мазерного излучения. Также мы предлагаем модель формирования периодического импульсного излучения быстрых радио всплесков как следствие поглощения радиоизлучения в плотном звездном ветре нормальной массивной звезды — компонента двойной системы.

Сергей Олегович Белкин (Московский
физико-технический институт)

*Фотометрическое и спектроскопические обнаружения
сверхновой, ассоциированной с GRB 201015A //*

С. Белкин, А. Позаненко, П. Минаев, Н. Панков, А. Вольнова, В. Румянцев,
Е. Клунко, Р. Инасаридзе, А. Москвитин, И. Рева, О. Бурхонов, В. Ким, А. Росси,
М. Елинек, Д. А. Канн, А. Вольвач, Л. Вольвач, Д. Ксу, З. Чжу, С. Фу

Количество зарегистрированных космических гамма-всплесков (GRB) с момента их открытия в 1967 году превысило 10000. Был сделан ряд важных открытий о природе явления. В частности, было показано, что источниками GRB могут быть как минимум два класса явлений: слияние двойной системы нейтронных звезд, и сверхновая (SN) с коллапсирующим ядром. Совместное подтверждение связи SN-GRB в результате как фотометрических, так и спектроскопических наблюдений, было получено лишь для порядка двух десятков гамма-всплесков, что составляет порядка 2% от их общего количества, зарегистрированного в оптическом диапазоне. Обнаружение и исследование каждого подобного события до сих пор вносит существенный вклад в изучение и гамма-всплесков, и сверхновых, ассоциированных с ними. Мы представляем многоволновые наблюдения GRB 201015A источник которого расположен на космологическом красном смещении $z=0.426$. Наблюдения были проведены на телескопах метрового класса сети IKI GRB-FuN на протяжении полутора месяцев после регистрации GRB 201015A. Открытая в кривой блеска GRB 201015A сверхновая SN AT2020wuu подтверждена результатами спектроскопических наблюдений на 8.4-метровом телескопе LBT и идентифицирована как SN Ic-BL. Мы приводим результаты моделирования SN 201015A и обсуждаем место этой сверхновой в ряде известных сверхновых, ассоциированных с гамма-всплесками.

Михаил Игоревич Бельведерский (Институт космических
исследований РАН)

*Классификация рентгеновских источников,
детектируемых телескопом SRG/eROZITA в обзоре
Дыры Локмана //* М. И. Бельведерский, С. Д. Быков, М. Р. Гильфанов

Произведена классификация рентгеновских источников, зарегистрированных телескопом SRG/eROZITA в глубоком обзоре области Дыры Локмана. Целью классификации было разделение источников на галактические и внегалактические объекты. Для этого были использованы результаты выполненного нами ранее отождествления рентгеновских источников с оптическими каталогами. Для классификации было использовано отношение потоков F_x/F_o и информация об оптической протяженности источника. В итоге из 6885 рентгеновских источников в каталоге eROZITa 357

были классифицированы как галактические, 5929 — внегалактические, 539 — ”бездомные”, т. е. не имеющие оптических партнеров в рассматриваемых оптических каталогах, а 60 остались неклассифицированными из-за недостаточной надежности данных оптической фотометрии. Сделаны оценки точности и полноты отбора для внегалактических (99.9% и 98.9% соответственно) и галактических (91.6% и 99.7%) источников. По результатам классификации построены кривые подсчетов источников в поле дыры Локмана.

Ильфан Фяритович Бикмаев (Казанский (Приволжский)
федеральный университет)

*Исследование звезд Млечного Пути, проявивших себя в
рентгеновском обзоре всего неба SRG/eROZITA*

// И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, М.А. Горбачев, Е.А. Николаева, Р.Р. Фатыхов,
И.И. Галиуллин, Н.А. Сахибуллин (КФУ, АН РТ, Казань), М.Р. Гильфанов,
П.С. Медведев, Р.А. Сюняев (ИКИ РАН, Москва)

В каталоге рентгеновских источников, зарегистрированных телескопом eROZITA в ходе обзора всего неба, заметную долю составляют звезды нашей Галактики, излучающие в рентгене. Найти эти объекты позволяют данные астрометрического спутника GAIA (ЕКА), измерившего параллаксы и/или собственные движения для 1.5 миллиардов объектов на небе. Эти данные позволили отождествить около 400,000 кандидатов в Галактические объекты среди источников eROZITы, подавляющее большинство из которых — одиночные звезды. Также вносят вклад активные двойные звезды, катаклизмические переменные, другие менее многочисленные классы объектов, включая достаточно экзотичные. По оценкам доля звезд, излучающих в рентгене, составляет лишь несколько процентов от общего количества звезд в Галактике. Поэтому такие объекты являются уникальными. С другой стороны, в молодых звездных скоплениях с возрастом порядка 100 млн. лет (например, Плеяды) доля рентгеновски активных звезд может составлять половину от общего количества звезд скопления, что отражает связь между возрастом и рентгеновской активностью для холодных одиночных звезд.

В докладе будут приведены предварительные результаты исследования некоторых избранных групп звезд из каталога eROZITы, принадлежащих различным областям на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. В работе использованы открытые архивы данных обзоров спутников GAIA, WISE, ROSAT и наземных обзоров неба SDSS, PanSTARRSs, DESI, LAMOST и др.

Родион Анатольевич Буренин (Институт космических исследований РАН)

Результаты наблюдений наиболее массивных скоплений галактик из обзора всего неба СРГ/еРОЗИТА

// Р. А. Буренин, научные группы проекта СРГ/еРОЗИТА по скоплениям галактик и космологии, по каталогу рентгеновских источников, по оптической поддержке обзора

В докладе будут обсуждаться результаты наблюдений массивных скоплений галактик в обзоре всего неба СРГ/еРОЗИТА, с массами $M_{500} > 3 \times 10^{14} M_{sun}$, расположенных на красных смещениях до $z \sim 1$ и выше. Будут обсуждаться алгоритмы отождествления скоплений галактик по данным обзоров неба в оптическом и ИК диапазонах. Кроме того, будут обсуждаться результаты большой программы оптических наблюдений скоплений галактик из обзора СРГ/еРОЗИТА на 6-м телескопе САО РАН (БТА), 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ, 1.6-м телескопе Саянской обсерватории и Российско-Турецком 1.5-м телескопе.

Андрей Михайлович Быков (ФТИ им. А.Ф.Иоффе)

Нетепловые процессы в скоплениях молодых звезд

// А.М.Быков, Д.В.Бадмаев, М.Е.Каляшова

В докладе обсуждаются результаты наблюдений и теоретические модели компактных скоплений молодых звезд и других объектов в областях звездообразования, как источников нетеплового излучения. Детектирование гамма-лучей высоких энергий от скоплений Westerlund 1 и 2 указывает на то, что в них происходят эффективные процессы ускорения нетепловых частиц. Моделирование 3D структуры МГД течений в областях столкновения ветров массивных звезд с сильными ударными волнами продемонстрировало наличие крупномасштабных структур с напряженностями магнитных полей заметно превышающих 100 мкГ. Модели ускорения частиц позволяют воспроизвести наблюдаемые спектры гамма-излучения. Интересной особенностью модели является возможное объяснение давней проблемы - наблюдаемого аномального отношения изотопов неона $^{22}Ne/^{20}Ne$ в космических лучах низких энергий.

Сергей Дмитриевич Быков (Казанский Федеральный
Университет / Институт Макса Планка по астрофизике)

*Оптическое отождествление рентгеновских
источников СРГ/eРОЗИТА на примере глубокого обзора
области Дыры Локмана*

// С.Д. Быков, М.И. Бельведерский, М.Р. Гильфанов

Представлен метод оптического отождествления источников, детектируемых в широкоугольных рентгеновских обзорах неба. Для этой цели была создана и обучена нейросетевая модель для характеристики фотометрических признаков популяций оптических компаньонов рентгеновских источников и оптических объектов поля. Результат обработки фотометрической информации используется для вероятностного отождествления рентгеновских источников с источниками оптического обзора DESI LIS. Эффективность метода проиллюстрирована на примере глубокого обзора области дыры Локмана телескопом eРОЗИТА обсерватории СРГ. Для оценки точности модели создана валидационная выборка на основе каталогов рентгеновских источников спутников Chandra и XMM-Newton. Точность отождествления в нашем методе достигает 94% по всему рентгеновскому каталогу области Дыры Локмана и 97% для источников с потоком $F_{(0.5-2 \text{ кэВ})} > 10^{-14}$ эрг/см²/с. Обсуждается дальнейшее развитие модели отождествления и шаги, необходимые для применения ее к данным всего обзора неба СРГ/eРОЗИТА.

Евгений Олегович Васильев (Астрокосмический центр
ФИАН)

*Яркие и скрытые квазары на больших красных
смещениях в рентгеновском и миллиметровом
диапазонах* // Е.О. Васильев, Ю.А. Щекинов, Б.Б. Натх

В выборке квазаров на красных смещениях $z > 6$ присутствуют по большей части яркие объекты в ультрафиолетовой области ($M_{1450\text{Å}} < -25$), излучение которых, видимо, слабо поглощается пылевыми частицами в торе и межзвездной среде родительской галактики. Исследование с помощью интерферометра ALMA привело к заключению о высокой скорости звездообразования в некоторых из этих ярких незапыленных квазаров. При этом из наблюдений на меньших красных смещениях известно, что значительная часть квазаров оказывается скрытой в оптической области спектра из-за сильного поглощения на пыли, производство которой является неотъемлемой частью процесса звездообразования. Можно думать, что обнаруженные на $z > 6$ сверхяркие квазары являются следствием наблюдательной селекции, в то время как большая часть менее ярких квазаров скрыта пылевой вуалью. В работе рассчитаны кумулятивные спектры запыленных галактик с активным галактическим

ядром в широком интервале значений оптической толщины. Исследованы соотношения между потоками излучения в рентгеновском и миллиметровом диапазонах. Обсуждаются возможности поиска таких запыленных квазаров совместно в рентгеновском и миллиметровых интервалах длин волн.

Ильхам Ирекович Галиуллин (Казанский федеральный университет)

Исследование звездообразующих галактик при помощи телескопа SRG/eROZITA

// И. И. Галиуллин, М. Р. Гильфанов, Р. А. Сюняев

Излучение массивных рентгеновских двойных и горячего межзвездного газа вносят доминирующий вклад в рентгеновское излучение нормальных (без активных ядер) звездообразующих галактик. Используя данные четырех обзоров всего неба при помощи телескопа eROZITA обсерватории SRG, мы исследуем рентгеновское излучение от сравнительно близких звездообразующих галактик и соотношение $L_X - SFR$ между рентгеновской светимостью и текущим темпом звездообразования. С этой целью мы составили каталог SRG/eROSITA-IRAS, включающий в себя 1360 звездообразующих галактик, что примерно в пять раз превышает выборки, использованные в предыдущих исследованиях. На основе анализа рентгеновских спектров галактик мы оценили вклад активных ядер (АЯГ) в их интегральное излучение. На основе спектрального анализа, мы также оценили соотношение $L_X - SFR$ отдельно для массивных рентгеновских двойных и горячего межзвездного газа. Сравнивая наши результаты с работами других авторов, мы исследовали зависимость соотношения $L_X - SFR$ от металличности.

Дмитрий Горбунов (Институт ядерных исследований РАН)

Космология нейтринного сектора

Сергей Андреевич Гребенев (Институт космических исследований РАН)

Обсерватория ИНТЕГРАЛ: 20 лет наблюдений и открытий // С.А. Гребенев, Р.А. Сюняев (ИКИ РАН)

Исполнилось 20 лет успешной работы в космосе Международной астрофизической лаборатории гамма-лучей ИНТЕГРАЛ (INTEGRAL). Обсерватория стала первой специализированной космической лабораторией для

исследований в области ядерной астрофизики, для изучения радиоактивных гамма-линий от остатков сверхновых и новых, распада радиоактивного алюминия-26 в диске Галактики и аннигиляции позитронов в окрестности ее центра, поиска линий излучения, формирующихся в процессах расщепления тяжелых ядер при взаимодействии космических лучей с межзвездной средой. Обсерватория выполнила много других уникальных наблюдений и исследований.

Такой юбилей хороший повод подвести некоторые итоги работы обсерватории. За прошедшие годы с ее помощью получен ряд замечательных результатов, открыты многие новые источники и ранее неизвестные явления. Описанию наиболее важных из них, тех, которые составят наследие (legacy) обсерватории, и посвящен данный доклад. В докладе будет также рассказано о текущем состоянии и статусе обсерватории, о перспективах ее дальнейшей работы.

Евгений Владимирович Деришев (Институт прикладной физики РАН)

Изображения расширяющихся релятивистских ударных волн и их усредненные параметры // Е.В. Деришев

Расширяющаяся сферическая релятивистская ударная волна (например в послесвечении гамма-всплесков) для удаленного наблюдателя представляется сильно вытянутой в направлении луча зрения поверхностью. В докладе рассмотрены распределение яркости и доплеровского сдвига по этой поверхности, а также определены полная яркость, средний доплеровский сдвиг и эффективный радиус, которому можно приписать основную долю излучения. Приводятся обобщения для ударных волн с потерями энергии на излучение и для случая неоднородностей в окружающей среде.

Жан-Арыс Джилкибаев (Институт ядерных исследований РАН)

Статус нейтринного эксперимента Baikal-GVD

Начиная с 2016 г. на оз. Байкал ведется развертывание глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD. Нейтринный телескоп состоит из функционально независимых детекторов — кластеров оптических модулей. Каждый кластер содержит 288 оптических модулей размещенных на восьми вертикальных гирляндах и связан с береговым центром сбора данным индивидуальным донным оптоволоконным кабелем. Модульная структура телескопа позволяет вести исследования природных потоков нейтрино уже на ранних стадиях его развертывания. К апрелю 2022 г. было введено в

эксплуатацию 10 кластеров телескопа, в состав которых входит 2880 оптических модулей. В настоящее время Baikal-GVD является наиболее крупным нейтринным телескопом в Северном полушарии. В данном докладе будет представлен статус Baikal-GVD и первые результаты исследования диффузного потока нейтрино астрофизической природы полученные в результате анализа данных телескопа за 2018–2021 гг.

Сергей Николаевич Додонов (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Поиск квазаров : проблемы и возможные решения
// С.Н. Додонов, С.С. Котов.

Поиск и изучение свойств квазаров задача непростая. Разнообразие распределений энергии в спектрах квазаров, огромный диапазон наблюдаемых красных смещений, низкая плотность объектов (около 300 объектов на 1 кв. градус до $r_{SDSS} = 22.5$) чрезвычайно усложняют создание значимых выборок квазаров. Мы провели сравнительный анализ методов создания выборок квазаров в обзорах COMBO-17 (Wolf et al., 2003), COSMOS (Masters et al., 2012) и нашей выборки квазаров, полученной по результатам наблюдений на 1-м телескопе Шмидта (Kotov et. al., 2022). Результаты анализа представлены в докладе.

Александр Дмитриевич Долгов (Новосибирский Государственный Университет и Объединенный Институт Ядерных исследований)

Интерпретация данных орбитального телескопа Джеймса Вебба // А. Д. Долгов

Обнаруженные на телескопе Джеймса Вебба ранние галактики при красных смещениях выше 15 и возрасте Вселенной около 200 миллионов лет противоречат классической теории их образования, согласно которой в столь ранней Вселенной галактик просто не может быть. Однако проблема решается, если во Вселенной имеется значительное количество массивных первичных черных дыр, которые являются зародышами образования галактик в соответствии с механизмом, предложенным автором в 1993 году. В докладе обсуждаются следствия этого механизма, который позволяет разрешить ряд известных проблем в современной и ранней Вселенной, а также одно из следствий этого механизма о наличии антиматерии в Млечном пути, в частности, возможного обнаружения антите звезд.

Игорь Альбертович Зазнобин (Институт космических исследований РАН)

Оптическое отождествление скоплений галактик среди рентгеновских источников обзора SRG/eROSITA по данным о фотометрических оценках красных смещений галактик // И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, А. В. Мещеряков, научные группы проекта SRG/eROSITA по каталогу рентгеновских источников, по оптической поддержке обзора

Обсуждается алгоритм оптического отождествления скоплений галактик из рентгеновского обзора всего неба SRG/eROSITA по данным обзорам неба в оптическом и ИК диапазонах. Для оптического отождествления протяженных рентгеновских источников используются данные о фотометрических оценках красных смещений галактик, полученные на основе данных обзорам DESI LIS и WISE. Показано, что точность фотометрической оценки красных смещений скоплений скоплений оказывается около $dz/(1+z) = 0.005$, а доля катастрофических выбросов не превышает нескольких процентов.

Владимир Николаевич Зиракашвили (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова)

Космические лучи высоких энергий от прошлой активности сверхмассивной черной дыры в галактике Андромеда // В.Н.Зиракашвили, В.С.Птускин, С.И.Роговая (ИЗМИРАН)

Показано, что наблюдаемые космические лучи с энергиями выше 1 ПэВ могут быть ускорены в релятивистских джетах, связанных с прошлой периодической активностью сверхмассивной черной дыры в галактике Андромеда. Частицы ускоряются до ПэВ-ных энергий на внешней ударной волне, производимой джетом в галактическом гало. Частицы с энергиями выше 1000 ПэВ ускоряются в самом джете. Рассчитывается распространение частиц до Земли и проводится сравнение с наблюдениями. Обсуждается связь вероятной прошлой активности ближайших сверхмассивных черных дыр с наблюдениями "eROSITA bubbles" в нашей Галактике, а также гамма- и рентгеновского гало в галактике Андромеда.

Назар Робертович Ихсанов (Главная (Пулковская)
астрономическая обсерватория РАН)

*Проблема происхождения пульсароподобного карлика в AR
Скорпиона* // Н.Г. Бескровная, Н.Р. Ихсанов

AR Скорпиона является второй (после AE Водолея) маломассивной двойной системой, вырожденный компонент которой был отождествлен с пульсароподобным белым карликом. Эволюционный трек обеих вышеупомянутых систем содержит эпоху аккреционной раскрутки белого карлика до периода вращения, наблюдаемого в настоящую эпоху. В своем докладе мы обращаем внимание, что попытка моделирования происхождения этих систем в рамках сценария образования подкрученных пульсаров встречается с проблемами, решить которые без привлечения дополнительных предположений затруднительно. Мы также обсуждаем список возможных предположений и степень их допустимости в случае рассматриваемых нами систем.

Алексей Вячеславович Кузин (Государственный
Астрономический Институт имени П.К. Штернберга МГУ)

*Структура аккреционного диска с проникающим
магнитным полем центральной звезды*
// А. В. Кузин, Д. Д. Лисицин, Г. В. Липунова

Аккреционные диски вокруг замагниченных звёзд проявляются в наблюдаемых рентгеновских источниках. Мы рассматриваем эффекты магнитного поля центральной звёзды на такие аккреционные диски считая, что магнитное поле звёзды проникает в диск. Построена аналитическая модель взаимодействия магнитного поля с веществом в диске и проанализировано, как магнитное поле влияет на структуру аккреционного диска. Чтобы рассчитать наведенное магнитное поле, мы исследовали уравнение индукции, нашли его аналитические решения. Уравнения движения вещества модифицированы с учётом магнитного поля. Внутренний радиус диска и тензор вязких напряжений мы получили, зная распределение магнитных напряжений в диске. Для низких темпов аккреции найденный внутренний радиус может существенно отличаться от альфвеновского радиуса. Мы получили распределение параметров замагниченного диска по вертикали и радиусу решая систему уравнений для вертикальной структуры согласованно с уравнением индукции. Мы также рассчитали тепловой спектр излучения диска. Найдено, что нормированная вертикальная структура практически одинакова при любых параметрах системы. Тем не менее, магнитное поле может сильно изменить вязкий тензор напряжений, распределение параметров диска по радиусу и спектр диска.

Александр Анатольевич Лутовинов (Институт
космических исследований РАН)

*Галактика в фокусе телескопа ART-XC им.
М.Н.Павлинского обсерватории СРГ*

В докладе будет дан обзор текущего состояния телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ, выполняемой программы наблюдений, а также предварительных результатов обзора Галактической плоскости.

Максим Лютиков (Purdue University)

Наблюдаемы эффекты после слияния белых карликов.
// М. Лютиков

Слияние белых карликов — наиболее частый ненаблюдаемым катастрофический процесс в астрофизике. (Сверхновые типа Ia могут составить лишь малую часть.) Развивается модель в которой Fast Blue Optical Transients — яркие, но короткие, несколько дней, оптические вспышки проходят из-за аккреционно-индуцированного коллапса слившихся белых карликов (тяжелого ONeMg, и обычного CO). В момент коллапса масса оставшейся оболочки < 0.1 массы Солнца. Образовавшаяся нейтронная звезда запускает релятивистский ветер; излучение генерируется на обратной ударной волне, качественно как в пульсарных туманностях. Предсказанная рентгеновская вспышка наблюдаемая eROSITA происходит в момент перехода ударной волны из оболочки в предыдущий ветер.

Илья Мереминский (ИКИ РАН)

*Переменные источники из обзора Галактической
плоскости ART-XC // Команда ART-XC*

Будет рассказано о нескольких интересных переменных источниках, обнаруженных в ходе обзора Галактической плоскости телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского. Благодаря привлечению оптических и ИК-наблюдений удалось идентифицировать две новые магнитные катаклизмические переменные, а также отобрать несколько систем — кандидатов в рентгеновские двойные со звездами-гигантами.

Александр Мещеряков (Институт космических исследований РАН)

Расширенный каталог объектов Сюняева-Зельдовича по данным спутника PLANCK с использованием глубокого обучения

// А.Мещеряков, А.Немешаева, Р.Буренин, М.Гильфанов, Р.Сюняев

В работе представлен расширенный каталог источников Сюняева-Зельдовича (СЗ) по данным спутника PLANCK, основанный на соединении выборок, полученных двумя независимыми подходами к детектированию объектов в микроволновых данных: сегментация источников моделью глубокого обучения (семейства U-Net) на картах интенсивности в HFI-каналах 100-850 GHz дополнена поиском СЗ-источников на готовых картах комптоновского u -параметра (NILC). Путем сравнения полученной выборки СЗ-объектов PLANCK с наиболее полными каталогами скоплений галактик полученных по микроволновым (PSZ2, АСТ) и рентгеновским (СРГ/eРОЗИТА предварительный каталог скоплений 1 года на восточном галактическом небе; MCXC по наблюдениям спутника ROSAT) обзорам неба, мы проанализировали функцию отбора скоплений галактик от массы (M_{500}), красного смещения (z) и рентгеновского потока ($F_{X,0.5-2}$). Мы видим два сценария использования полученных нами расширенных каталогов СЗ-источников по данным PLANCK: (а) выборка только надежных СЗ-объектов из каталога кандидатов может использоваться непосредственно, например для поиска в ней уникальных объектов или исследования популяции скоплений, (б) весь каталог СЗ-объектов содержит значительное число ложных источников, но при этом располагает практически всеми возможными детектированными скоплениями галактик в данных PLANCK (он может использоваться совместно с другими каталогами кандидатов в скопления галактик, полученных независимо на данных в других диапазонах или другими инструментами).

Марат Мингалиев (Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук)

Является ли рентгеновский яркий $z = 5.5$ квазар SRGE J170245.3+130104 блазаром? //

В докладе будут представлены исследования рентгеновского яркого квазара SRGE J170245.3+130104 (J1702+1301), обнаруженного телескопом eROSITA [1] на российской орбитальной рентгеновской обсерватории СРГ [2]. Последующие оптические спектроскопические наблюдения на БТА выявили широкую линию излучения Ly α (H β) в поглощении [3]; авторы оценили его красное смещение ($Z = 5.466 \pm 0.003$). Приводятся радионаблюдения на телескопах MWA, GMRT, ASKAP, VLA и PATAH-600. Радиоизображения с высоким разрешением

показывают объект, совпадающий с оптическим положением J1702+1301, а также к юго-западу от него (23.5) обнаружили другой радиокomпонент.

Анализ показывает, что этот юго-западный компонент связан с галактикой переднего плана на $Z \approx 0.677$, которая видна на низкочастотных радиоизображениях с низким угловым разрешением. После удаления этого источника, посчитанная радиогромкость J1702+1301 оказалась $R \sim 1100$, что соответствует таковой для блазаров.

Его спектр в диапазоне $0.15 \div 5$ ГГц — плоский ($\alpha = -0.17 \pm 0.05$, $S \propto \nu^\alpha$), а выше 5 ГГц он растущий; спектральный индекс $\alpha_{8.2/4.7}$, по-видимому, коррелирует с плотностью потока.

Во время вспышки спектральный индекс становится больше. J1702+1301 демонстрирует отчетливую радиоперемежность на масштабах времени от недель до лет в системе покоя источника. Эти радиосвойства, включая высокую радиогромкость, растущий спектр и быструю переменность, как правило, поддерживают заключение, что он блазар.

1. Predehl P., et al., 2021, A&A, 647, A1
2. Sunyaev R., et al., 2021, A&A, 656, A132
3. Khorunzhev G. A., et al., 2021, Astronomy Letters, 47, 123

Александр Михайлов (Специальная Астрофизическая
Обсерватория Российской Академии Наук)

*Квazarы на красных смещениях $z > 3$:
радиоперемежность и MPS/GPS кандидаты*

// Ю. В. Сотникова, Т. В. Муфахаров, А. Г. Михайлов, М. Г. Мингалиев,
Тао Ан, А. А. Кудряшова

Исследована переменность 100 ярких ($S_{1.4} \geq 100$ мЯн) квазаров на красных смещениях $z \geq 3$ в сантиметровом диапазоне на масштабе 30-40 лет. Используются измерения мгновенного радиоспектра объектов на РАТАН-600 в диапазоне 1.2 – 22.3 ГГц на 6 частотах, а также данные из литературы. Показано, что уровень переменности далеких квазаров сравним с переменностью блазаров и варьируется в пределах 20–100 %. Изучены корреляции между уровнем переменности и радиосветимостью, спектральным индексом. На основе измерений формы спектра и низкого уровня переменности (не более 25 %) выявлены 9 новых кандидатов в молодые компактные MPS/GPS источники (частота пика в радиоспектре от сотен МГц до нескольких ГГц). Также показано, что среди 22 объектов, ранее классифицировавшихся как MPS/GPS источники, только 6 демонстрируют низкий уровень переменности и могут быть отнесены к классическим представителям данного класса объектов.

Алексей Валерьевич Моисеев (Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук)

Жираф и Змея: обнаружение необычных галактических туманностей // И.Д. Караченцев, А.В. Моисеев

В ходе визуального просмотра цифровых изображений Legacy Survey с целью поиска новых близких карликовых галактик были обнаружены два тусклых протяженных объекта в созвездиях Жирафа и Змеи. Спектроскопия на 6-м телескопе САО РАН показала, что речь идет об эмиссионных туманностях. Малые лучевые скорости (около -60 и -20), а также большие угловые размеры (от 1 до 3 угл. мин.) однозначно указывают, что речь идет об объектах Галактики, скорее всего, относительно близких и находящихся вне галактического диска (галактические широты $b = 31^\circ$ и 50°). При этом отношение эмиссионных линий не дает однозначно классифицировать данные объекты ни как остатки сверхновых, ни как планетарные или пульсарные туманности. Изображения в эмиссионных линиях, полученные на 2.5-м телескопе ГАИШ МГУ и 6-м телескопе САО РАН демонстрируют весьма необычную морфологию ионизованного газа. Доступные многоволновые архивные данные (от рентгена до радио) также не добавили ясности. Обсуждается возможная природа найденных загадочных объектов.

Владимир Молодцов (НПО им. Лавочкина)

Управление космическим аппаратом "Спектр-РГ"
// В. Молодцов

Дмитрий Исидорович Нагирнер (Санкт-Петербургский государственный университет)

Поляризация излучения при синхро-комптоновском механизме // Д.И. Нагирнер

В связи с запуском аппаратов, способных определять поляризацию излучения рентгеновских источников, возникает потребность более точного описания формирования поляризованного излучения в рентгеновском диапазоне. Производится два уточнения теории синхрокомптоновского механизма. 1. Формулы, описывающие синхротронное излучение (ультрарелятивистских электронов), распространены (обобщены) на умеренно релятивистские энергии электронов. Функция распределения может быть произвольной осесимметричной по отношению к магнитному полю, в частности, изотропной. 2. Получены формулы усреднения по азимуту в горизонтальной плоскости характеристик поляризации излучения, образующегося в плоских средах

при рассеянии электронами с изотропным распределением (по энергии). Написаны соответствующие компьютерные коды для расчета интенсивности и поляризации. Составлены кинетические уравнения, описывающие совместное многократное действие излучения и рассеяния.

Александр Викторович Плавин (Астрокосмический центр
физического института им. П.Н. Лебедева)

*Рентгеновское излучение блазаров-источников
высокоэнергичных нейтрино* // А. Плавин, Р. Буренин, Е. Захаров,
Ю. Ковалев, А. Лутовинов, С. Троицкий

Работы последних лет показали, что астрофизические нейтрино высоких энергий рождаются в блазарах, активных ядрах галактик с яркими джетами.

В этом докладе мы представляем результаты анализа рентгеновского излучения блазаров, испускающих нейтрино с энергиями в сотни ТэВ. Сопоставляя наблюдения IceCube и ART-XC, мы показываем, что источники нейтрино преимущественно оказываются яркими в рентгеновском диапазоне блазарами.

Фотоны этого диапазона оказываются очень важны в понимании механизмов излучения нейтрино в блазарах: их взаимодействие с протонами необходимо для рождения нейтрино в рамках существующих моделей.

Андрей Погодин (НПО им. Лавочкина)

Баллистическое обеспечение полета КА "Спектр-РГ"
// А. Погодин

Алексей Позаненко (Институт космических исследований)

*Один из самых мощных космических гамма-всплесков за
все время исследований: GRB 221009A*

// А. Позаненко, П. Минаев, С. Белкин, С. Москвитин, Р. Уклеин, И. Человеков,
Н. Панков, А. Вольнова, В. Ким, Е. Клунко, В. Румянцев, Р. Инасаридзе,
И. Николенко, О. Бурхонов, И. Соколов, С. Назаров, А. Мкртчян, А. Вольвач,
С. Гребенев

Гамма-всплеск GRB 221009A был обнаружен 9 октября 2022 многими гамма- и рентгеновскими орбитальными детекторами. Он оказался рекордсменом по нескольким параметрам, в том числе, по интегральному потоку в гамма-диапазоне (более чем 2×10^{-2} эрг/см²) и максимальной энергии фотонов, зарегистрированной от гамма-всплесков, 18 ТэВ (LHAASO) и даже возможно,

251 ТэВ (регистрация БНО). Мы представляем публично доступные наблюдения в гамма-диапазоне, собственные наблюдения в оптическом и радио-диапазонах, фотометрическое открытие сверхновой и спектроскопическое ее подтверждение. Обсуждаем первые результаты обработки данных наблюдений и влияние GRB 221009A на дальнейшие исследования гамма-всплесков.

Александр Юрьевич Потехин (ФГБУН
Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе
Российской академии наук)

*Тепловая эволюция нейтронных звёзд в мягких
рентгеновских транзидентах с учётом диффузионного
равновесия нейтронов в аккрецированной коре*
// А. Ю. Потехин, М. Е. Гусаков, А. И. Чугунов

Считается, что тепловое излучение эпизодически аккрецирующих нейтронных звёзд в мягких рентгеновских транзидентах в спокойном состоянии обусловлено теплом, выделившимся в коре звезды в ходе ядерных реакций при аккреции. Сравнение результатов моделирования тепловой эволюции таких звёзд с наблюдениями служит эффективным средством проверки теоретических моделей плотной материи в нейтронных звёздах. Традиционный подход к такому моделированию неявно предполагал, что свободные нейтроны во внутренней коре звезды неподвижны относительно атомных ядер. Недавно было показано [Gusakov M.E., Chugunov A.I. Phys. Rev. Lett. 124, 191101 (2020); Phys. Rev. D 103, L101301 (2021)], что такой подход термодинамически несогласован, и во внутренней коре аккрецирующих нейтронных звёзд неизбежна диффузия нейтронов. В работе представлены результаты моделирования тепловой эволюции эпизодически аккрецирующих нейтронных звёзд с использованием новых, термодинамически согласованных моделей аккрецированной коры. Рассчитаны квазиравновесные светимости мягких рентгеновских транзитентов для разных моделей уравнения состояния и нуклонных сверхтекучестей в ядре нейтронной звезды, а также кривые остывания её коры по окончании аккреции. Проведено сравнение с результатами традиционного подхода и с наблюдениями. Показана возросшая роль учёта дополнительных источников нагрева во внешней коре аккрецирующей нейтронной звезды как для моделирования остывания коры по окончании периода аккреции, так и для определения квазиравновесной тепловой светимости в спокойном состоянии. Работа поддержана грантом РФФ 22-12-00048.

Юрий Йормович Поутанен (Университет Турку / ИКИ РАН)

Рентгеновская поляриметрия со спутника IXPE

// Юрий Поутанен

Рентгеновская обсерватория IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) была запущена в космос 9го декабря 2021 года. Это первая обсерватория с конца 1970х, посвященная рентгеновской поляриметрии. В докладе будет дан обзор основных результатов IXPE по пульсарам и магнетарам, аккрецирующим черным дырам разных масс, и остаткам сверхновых.

Максим Сергеевич Пширков (Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного универс)

Могут ли наблюдения M31 в линии 511 кэВ ограничить содержание позитронов в джетах АЯГ?

// М.С. Пширков, Б.А. Низамов

До сих пор неизвестен состав релятивистских джетов, запускаемых сверхмассивными чёрными дырами (СМЧД) в активных ядрах галактик (АЯГ): в одних моделях джет состоит из протонно-электронной плазмы, в других в джете также присутствует значительное количество электрон-позитронных пар, до нескольких десятков на один протон. В дальнейшем эти позитроны могут постепенно замедлиться и затем прийти к термодинамическому равновесию с разреженным газом ($n \sim 10^{-4} \text{ см}^{-3}$, $T \sim 10^5 - 10^6 \text{ К}$) гало, которое простирается на расстояние $O(100 \text{ кпк})$ от галактики. Позитроны накапливаются в гало до тех пор, пока темп аннигиляции не сравняется с темпом термализации. Аннигиляция будет происходить как из связанного состояния (позитрония), так и при столкновениях, в результате будет образовываться линия аннигиляции 511 кэВ из столкновений и аннигиляции парапозитрония и континуум от трёхчастичной аннигиляции ортопозитрония.

В работе мы связываем темп рождения позитронов со светимостью АЯГ и ищем кандидатов для постановки самых сильных ограничений. Было показано, что наиболее сильный сигнал ожидается от наблюдений галактики M31 с массой СМЧД в $O(10^8 M_{\odot})$. Современные ограничения на поток таких квантов ($< 10^{-4} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$) из наблюдений INTEGRAL/SPI уже позволяют исключить часть пространства параметров моделей с присутствием позитронов в джетах АЯГ.

Сергей Юрьевич Сазонов (Институт космических исследований)

Новые активные ядра галактик, обнаруженные телескопами ART-XC и eROSITA в ходе обзора всего неба обсерватории SPG // С.Ю. Сазонов, Г.С. Усков, И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, М.Р. Гильфанов, М.В. Еселевич, Р.А. Кривонос, Е.В. Филиппова, Г.А. Хорунжев

Ольга Касьяновна Сильченко (Государственный астрономический институт имени Штернберга МГУ имени Ломоносова)

Галактики на высоких красных смещениях - ранний этап эволюции // О.К. Сильченко

Наблюдения галактик на высоких красных смещениях, учитывая конечную скорость света, — это наблюдения галактик на самых ранних стадиях их развития, в первые один-два миллиарда лет эволюции Вселенной. Несмотря на то, что сам процесс формирования галактик мы не видим, тем не менее характерные свойства молодых галактик позволяют делать выводы о доминирующих механизмах оформления их структуры и звездного населения. "Прорывы" в наблюдательных исследованиях ранних галактик, связанные с высоким пространственным разрешением новых инструментов, миллиметрового интерферометра ALMA и инфракрасного космического телескопа JWST, позволили увидеть на высоких красных смещениях массивные галактики с регулярной дисковой морфологией, которые пока плохо укладываются в предсказания общепринятой космологической модели.

Алексей Александрович Старобинский (ИТФ им. Ландау РАН)

Om3 тест Λ CDM модели по данным каталога eBOSS
// А.А. Старобинский

Модельно независимая трехточечная нулевая диагностика Om3, введенная ранее автором доклада с соавторами, которая проверяет, совпадает ли темная энергия во Вселенной с точной космологической постоянной или нет, применена к последним наблюдательным данным по барионным акустическим осцилляциям из каталога eBOSS. Показано, что космологическая постоянная дает хорошее согласие с этими данными, причем в наилучшем случае возможное отклонение темной энергии от нее составляет всего 1,5 %.

Сергей Вадимович Троицкий (Институт ядерных исследований Российской академии наук)

Современные наблюдательные указания на астрофизические источники нейтрино высоких энергий
// Ю.Ю. Ковалев, Ю.А. Ковалев, А.В. Плавин, С.В. Троицкий

В докладе будет дан обзор новых исследований и результатов, связанных с выяснением происхождения астрофизических нейтрино высоких (ТэВ – ПэВ) энергий. Будет показано, что астрофизическая часть регистрируемого нейтринными телескопами кубокилометрового масштаба потока, вероятно, создается источниками разного класса — как внегалактическими (блазары), так и галактическими.

Сергей Анатольевич Трушкин (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Новые данные по многоканальной переменности микроквazarов

// С.А.Трушкин, А.В. Шевченко, П.Г. Цыбулев, Н.Н. Бурсов, Н.А. Нижельский

Мы проводим регулярные наблюдения микроквazarов SS433, Cyg X-3, GRS1915+105, LSI+61d303, Cyg X-1, LS5039 и нескольких транзитных галактических источников. Микроквazarы на РСДБ-радиокартах сильно напоминают источники, связанные с активными ядрами галактик. За последние десять лет мы обнаружили все радиовспышки SS433, а сами яркие вспышки однозначно связаны с особенностями струйной активности, хорошо изученными с помощью оптической спектроскопии объекта. В GRS 1915+105 мы обнаружили множество относительно ярких вспышек, связанных с резкими изменениями рентгеновского состояния, которое отслеживалось в программах ASM на приборах RXTE, SWIFT, MAXI, AGILE. Мы изучали свойства гигантских вспышек Cyg X-3, обнаруженных в длительном (недели) и коротком (минуты-часы) масштабе времени. Последнее стало возможным в режиме многоазимутальных измерений на Южном секторе RATAN-600. Используя периодограммный анализ кривых блеска, мы поняли, что происхождение сверхорбитального 4.6-летнего периода микроквзара, рентгеновского (Swift) и гамма-источника (Fermi) LSI+61d303, вероятно, связано с биениями периодов прецессии струй (26.95d) и орбитального периода (26.5d) движения нейтронной звезды -пульсара. Мы исследовали многие закономерности в совместном анализе кривых блеска в радио-, оптическом, рентгеновском, и гамма-диапазонах. Благодаря особенностям телескопа и чувствительным многочастотным измерениям Мониторинг микроквazarов с помощью RATAN-600 остается эффективным средством обнаружения неизвестных свойств процессов взаимодействия джетов и дисков в рентгеновских двойных системах.

Григорий Сергеевич Усков (Институт Космических Исследований РАН)

Яркий рентгеновский квазар PG1634+706 по данным обсерватории SRG // Г.С. Усков, С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфанов

Во время калибровочной фазы обсерватории SRG в 2019 году телескопами eROSITA и ART-XC им. Павлинского были проведены продолжительные одновременные наблюдения квазара PG1634+706 ($z = 1.33$) — одного из самых мощных (светимость порядка 10^{46} эрг/с в диапазоне 2–10 кэВ) во Вселенной на $z < 2$. Проведены спектральный и временной анализ полученных данных, а также сравнение результатов с архивными наблюдениями других обсерваторий. Уникальные данные SRG позволили впервые обнаружить с высокой значимостью в спектре источника линию FeKa, вероятно связанную с отраженной компонентой излучения. Также с большой достоверностью в спектре регистрируется мягкий избыток, природа которого, предположительно, связана с аккреционным диском.

Ильдар Хабибуллин (ИКИ РАН)

Новые остатки сверхновых, открытые в ходе обзора SRG/eROSITA: тусклые в радиодиапазоне кандидаты G116.6-26.1 и G121.1-1.9

// И. Хабибуллин, Е. Чуразов, Р. Сюняев, А. Быков, Н. Чугай, И. Зинченко

Мы представляем и обсуждаем два новых тусклых в радиодиапазоне кандидата в остатки вспышек сверхновых, G116.6-26.1 и G121.1-1.9, открытых в ходе обзора всего неба SRG/eROSITA. Оба они имеют большие размеры, близкую к круглой форму и мягкий тепловой рентгеновский спектр. В то время как первый, вероятно, расположен в горячем и разреженном газе Галактического гало, что позволяет естественным образом объяснить тусклость наблюдаемого радиоизлучения, последний расположен в Галактическом диске, так что отсутствие наблюдаемого радио- и оптического излучения делает его исключительно редким объектом. Благодаря предполагаемой низкой плотности окружающей среды эти объекты открывают большие возможности для изучения процессов установления теплового и ионизационного равновесия. G121.1-1.9 может быть редким галактическим примером популяции остатков сверхновых с центральной частью, сохраняющей следы обогащения железом, подобно популяции наблюдаемой в Магеллановых Облаках. Вновь открытые объекты могут быть использованы для исследования неравновесных процессов и физических условий в горячей фазе Галактического диска и Галактического гало.

Ирек Мунавирович Хамитов (Казанский Федеральный Университет)

Внегалактические источники в обзоре СРГ/еРОЗИТА с собственными движениями Гайя

// И.М. Хамитов (КФУ, TUG, АНТ), И.Ф. Бикмаев (КФУ, АНТ),
М.Р. Гильфанов (ИКИ, МРА), Р.А. Сюняев (ИКИ, МРА),
П.С. Медведев (ИКИ), М.А. Горбачев (КФУ, АНТ),
Э.Н. Иртуганов (КФУ, АНТ)

На основе сравнения каталога рентгеновски-активных звезд СРГ/еРОЗИТА и каталога спутника Гайя получена выборка из 502 пекулярных объектов, для которых Гайя детектирует параллакс или собственное движение и, с другой стороны, регистрирует признаки оптической протяженности. На диаграмме F_X/F_{opt} – цвет G-Rp эти объекты в значительной степени отделены от основной массы звезд и находятся в области, характерной для галактик с активными ядрами. Согласно базе данных Simbad, около 50% из них являются АЯГ и галактиками со спектроскопическими красными смещениями, и лишь примерно 1.4% являются подтвержденными объектами в нашей Галактике. Спектроскопические наблюдения 19 неотожествленных объектов на телескопе РТТ-150 показали, что 18 из них являются АЯГ, расположенные на красных смещениях $\sim 0.01 - 0.3$, а один объект — М-звездой в нашей Галактике. Обсуждаем различные сценарии появления таких пекулярных объектов.

Георгий Андреевич Хорунжев (Институт Космических Исследований РАН)

Спектроскопическая классификация кандидатов в СПР и АЯГ // Г.А. Хорунжев, д.ф.-м.н. С.Ю. Сазонов

В работе обсуждаются методы классификации и отбора событий приливного разрушения (СПР) и активных ядер галактик (АЯГ) на основе спектроскопических данных, полученных на российских телескопах. Рассматриваются примеры кандидатов в СПР, отобранных среди переменных в рентгене источников на масштабе полугодового обзора СРГ/еРОЗИТА.

Сергей Сергеевич Цыганков (Институт космических исследований РАН)

Поляризованное излучение рентгеновских пульсаров по данным обсерватории IXPE

Представлен обзор результатов наблюдений рентгеновских пульсаров по данным первой специализированной поляриметрической обсерватории в рентгеновском диапазоне энергий, IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer). В течение первого года работы на орбите IXPE провел наблюдения шести объектов данного класса. Во всех исследованных источниках измеренное значение степени поляризации находится в пределах 15%, что значительно меньше теоретически предсказываемых величин. В некоторых пульсарах удалось детально исследовать вариации степени поляризации и поляризационного угла как функцию фазы вращения нейтронной звезды, что позволило, в свою очередь, определить геометрические параметры системы. В докладе также обсуждаются физические механизмы, потенциально способные объяснить относительно низкую степень поляризации в рентгеновских пульсарах.

Иван Васильевич Человеков (Институт космических исследований Российской академии наук)

Наблюдение затменного рентгеновского источника 4U 1624-49 телескопами орбитальной обсерватории Спектр-РГ

// И.В. Человеков, С.А. Гребенев, В.А. Арефьев, А.Е. Штыковский

В сентябре 2019 г. во время перелета астрофизической обсерватории “Спектр-РГ” к месту постоянной работы вблизи точки либрации L2 системы Солнце-Земля ее рентгеновские телескопы, ART-XC им. М.Н. Павлинского и eROSITA, провели целенаправленное длительное (~ 6 часов) калибровочное наблюдение маломассивной рентгеновской двойной системы 4U 1624-49. Система известна регулярными затмениями области энерговыведения утолщением на краю аккреционного диска. Ее часто называют “Большой затменной”, чтобы подчеркнуть, что ее затмения являются более глубокими (падение потока на $\sim 75\%$) и длятся в $\sim 5 - 7$ раз дольше, чем подобные затмения в других маломассивных системах. Наблюдения обсерватории “Спектр-РГ” были проведены в период, когда затмений в системе не было, однако была обнаружена переменность излучения, в том числе повышенная всплесковая активность на энергиях выше 6 кэВ, продолжавшаяся ~ 2.5 часа. Средний непоглощенный поток излучения в диапазоне энергии 0.5–20 кэВ составил $F = (2.10 \pm 0.19) \times 10^{-9}$ эрг $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$. Полученные данные позволили тщательно исследовать спектр излучения системы и поставить ограничения на условия его формирования. В

частности получена оценка углового размера слоя растекания аккрецирующего вещества по поверхности нейтронной звезды.

Анатолий Михайлович Черепашук (государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга)

60 лет рентгеновской астрономии: первый прорыв в исследованиях черных дыр // А.М.Черепашук

Открытие в 1962 году компактного источника Sco X-1 – первого рентгеновского источника, расположенного за пределами Солнечной системы, ознаменовало начало наблюдательных исследований релятивистских объектов. В конце 1960-х годов развилась теория аккреции вещества на релятивистские объекты в тесных двойных системах (ТДС), а также теория эволюции ТДС с обменом масс вплоть до самых поздних стадий. ТДС стали передним фронтом астрофизики. Были открыты первые кандидаты в черные дыры и в результате многолетних исследований были измерены массы десятков нейтронных звезд и черных дыр в рентгеновских двойных системах, что составило надежный наблюдательный базис для релятивистской астрофизики. В докладе дан обзор исследований в области рентгеновской астрономии, а также приведены результаты наблюдений ряда рентгеновских двойных систем на Кавказской горной обсерватории ГАИШ.

Андрей Игоревич Чугунов (ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Кора аккрецирующих нейтронных звезд
// А.И. Чугунов, М.Е. Гусаков, Е.М. Кантор (ФТИ им. А.Ф. Иоффе),
Н.Н. Щечилин (Universite Libre de Bruxelles)

Доклад представляет результаты серии работ [1 – 6] по моделированию внешних слоев (коры) нейтронных звезд, находящихся в тесных двойных системах с маломассивной звездой-компаньоном. Вещество коры состоит из атомных ядер, погруженных в фон вырожденных электронов и, во внутренних частях коры, нейтронов. Из-за аккреции исходная кора замещается аккрецированным веществом. В докладе рассмотрены процессы, протекающие в коре нейтронной звезды в ходе аккреции. Показано, что важнейшую роль в формировании состава коры играет перераспределение нейтронов во внутренней коре, идущее за счет диффузии вблизи границы внешней и внутренней коры и за счет сверхтекучести нейтронов в остальной части внутренней коры. Этот эффект не учитывался в предшествующих моделях, развивавшихся около 40 лет. Он радикальным образом меняет цепочки ядерных реакций и состав коры. В частности, нагрев, вызванный ядерными реакциями, оказывается в несколько

раз меньше, чем считалось ранее. Это важно для интерпретации наблюдений теплового излучения аккрецирующих нейтронных звёзд в периоды, когда аккреция на нейтронную звезду прекращается.

Работа поддержана грантом РФФИ №22-12-00048

- [1] A.I. Chugunov & N.N. Shchepochin, MNRAS, 495, L32 (2020)
- [2] M.E. Gusakov & A.I. Chugunov, Phys. Rev. Lett. 124, 191101 (2020)
- [3] M.E. Gusakov & A.I. Chugunov, Phys. Rev. D, 103, L101301 (2021)
- [4] M.E. Gusakov, E.M. Kantor & A.I. Chugunov, Phys. Rev. D, 104, L081301 (2021)
- [5] N.N. Shchepochin, M.E. Gusakov & A.I. Chugunov, MNRAS, 507, 3860 (2021)
- [6] N.N. Shchepochin, M.E. Gusakov & A.I. Chugunov, MNRAS, 515, L6 (2022)

Евгений Чуразов (Институт космических исследований РАН)

Скопление галактик Кома: ударная волна в ренгеновском и радио-диапазонах.

// Е.М. Чуразов, И.И. Хабибуллин, А.М. Быков, Н.С. Лыскова, Р.А. Сюняев

Николай Иванович Шакура (Государственный Астрономический институт им. П.К. Штернберга)

Магнито-ротационная неустойчивость: нелокальный подход // Н.И. Шакура, К.А. Постнов, Д.А. Колесников, Г.В. Липунова

В рамках нелокального подхода пересмотрен модальный анализ малых возмущений кеплеровского течения идеального газа, приводящих к магниторотационной неустойчивости, как в постоянном вертикальном магнитном поле, так и в случае радиально изменяющейся фоновой альфвеновской скорости.

Моды магниторотационных возмущений описываются дифференциальным уравнением типа уравнения Шрёдингера с некоторым эффективным потенциалом, включающим в простом случае, когда альфвеновская скорость постоянна по радиусу, «отталкивающий» ($1/r^2$) и «притягивающий» ($-1/r^3$) члены. Учет радиальной зависимости фоновой альфвеновской скорости приводит к качественному изменению формы эффективного потенциала.

Показано, что в «неглубоких» потенциалах нет стационарных уровней энергии, соответствующих неустойчивым модам $\omega^2 < 0$. В тонких аккреционных дисках, длина волны возмущения $\lambda = 2\pi/k_z$ меньше полутолщины h диска только в «глубоких» потенциалах. Найдена предельная величина фоновой альфвеновской скорости $(c_A)_{cr}$, выше которой магниторотационная неустойчивость не возникает. В тонких аккреционных дисках при малой фоновой альфвеновской скорости $c_A \ll (c_A)_{cr}$ инкремент магниторотационной

неустойчивости ω подавлен по сравнению со значением, получаемым в локальном анализе возмущений, $\omega \approx -\sqrt{3} i c_A k_z$.

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

Анализ остывания нейтронной звезды в остатке сверхновой Кассиопея А по данным обсерватории Чандра во всех режимах наблюдений детектора ACIS-S
// П.С. Штернин, Д.Д. Офенгейм, С.О. Heinke, W.C.G. Ho

Ускоренное остывание нейтронной звезды в остатке сверхновой Кассиопея А (далее КасА) может обуславливаться усилением нейтринного излучения за счёт формирования куперовских пар нейтронов в ядре звезды. В этом случае анализ наблюдений КасА позволяет ограничить параметры нуклонной сверхтекучести в её недрах. До недавнего времени утверждение об остывании КасА следовало из наблюдений, проведённых обсерваторией Чандра в режиме GRADED детектора ACIS-S. Однако данный режим не слишком хорошо подходит для ярких точечных объектов из-за инструментальных эффектов, основным из которых является эффект наложения событий (пайлап). Наблюдения КасА в более подходящем режиме FAINT проводились, однако их временного покрытия было недостаточно для надёжного ограничения темпа остывания звезды. Новые наблюдения (Май 2020 г, PI В. Posselt) увеличили базу для режима FAINT до 14 лет и подтвердили наличие ускоренного остывания источника. В настоящей работе проведен совместный анализ наблюдений КасА в режимах FAINT и GRADED. Показано, что при учете поправки за пайлап, результаты в двух режимах находятся в хорошем согласии, а темп понижения температуры поверхности звезды составляет $\sim 2\%$ за 10 лет. Мы ограничили массу и радиус звезды, $M = 1.55 \pm 0.25 M_\odot$ и $R = 13.5 \pm 1.5$ км, а также максимальную критическую температуру нейтронной сверхтекучести, $T_{c_n \max}^\infty = (4.3 \pm 1.0) \times 10^8$ К. Вместе с тем необходимая мощность нейтринного излучения при куперовском спаривании как минимум вдвое превышает существующие теоретические оценки. Работа поддержана грантом РФФИ 19-12-00133.

Андрей Евгеньевич Штыковский (ИКИ РАН)

Рентгеновское гало пульсара 4U1538-52 по данным обсерватории SRG
// А. Е. Штыковский, В. А. Арефьев, А. А. Лутовинов, П. С. Медведев

Представлены результаты исследования рентгеновского пульсара 4U 1538-52 обсерваторией SRG по данным телескопов ART-XC и eROSITA. Получен широкополосный спектр в диапазоне энергий 0.5–15 кэВ, определены параметры

излучения и получена оценка поглощения на луче зрения в направлении системы 4U 1538-52. Анализ изображений телескопов позволил определить наличие гало в системе 4U 1538-52. Впервые для радиусов свыше 300 угловых секунд по данным SRG/eROSITA был построен профиль гало. Профиль показал хорошее согласие с моделью двух пылевых облаков, расположенных на некотором удалении от источника, при этом наилучшее согласие было получено для расстояния до источника ~ 6 кпк.

Стендовые доклады

Марина Дмитриевна Афонина (Государственный
Астрономический Институт имени П.К. Штернберга)

*Эволюция одиночной нейтронной звезды с учётом
гистерезиса и возвратной аккреции.*

// М.Д. Афонина, С.Б. Попов

Эволюция одиночной нейтронной звезды может приводить к аккреции на поздних стадиях. Такие объекты могут быть обнаружены как слабые рентгеновские источники, например, с помощью инструментов спутника «Спектр-РГ». Эволюция нейтронной звезды зависит от ряда процессов и параметров, многие из которых плохо известны. В частности, не проанализирована роль т.н. возвратной аккреции (fallback) (Chevalier, 1989, Astrophysical Journal v.346, p.847). Кроме того, обычно учитывается т.н. явление гистерезиса (Shvartsman, 1970, Soviet Ast., 14, 527), которое затрудняет переход нейтронной звезды на стадию эжекции со стадии пропеллера и, таким образом, вместе с действием возвратной аккреции потенциально увеличивает количество аккректоров среди старых нейтронных звёзд. В работе представлена простая популяционная модель, учитывающая стадию возвратной аккреции и гистерезис. В результате расчётов мы получили значительное увеличение числа нейтронных звёзд, находящихся на стадии аккреции, по сравнению с их количеством без учета гистерезиса.

Дмитрий Петрович Барсуков (ФТИ им А.Ф. Иоффе)

*Влияние мелкомасштабного поля на нагрев полярной
шапки радиопульсара J0901-4046*

// Д.П. Барсуков, М.В. Воронцов, И.К. Морозов, А.Н. Попов, А.А. Матевосян

Пульсар J0901-4046 имеет период вращения $P = 75.8$ сек и является наиболее медленно вращающимся среди одиночных радиопульсаров. Мы рассматриваем влияние величины мелкомасштабного магнитного поля в модели смещенного диполя на обратный ток позитронов во внутреннем зазоре и связанный с ним нагрев полярной шапки пульсара. Пульсар рассматривается в модели "внутреннего зазора" со свободным истечением частиц с поверхности нейтронной звезды. 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.

Илья Александрович Барышников (Санкт-Петербургский
Политехнический Петра Великого)

*Способы измерения температуры реликтового
излучения по космологическим данным*

// В.А. Шенявский, И.А. Барышников, В.В. Клименко, А.В. Иванчик

Исследованы методы измерения температуры реликтового излучения T_0 в современную эпоху с использованием космологических данных. Методы основаны на аппроксимации данных наблюдения эффекта Сюняева-Зельдовича и различаются аппроксимирующими функциями и параметрами. Работа выполнена с помощью моделирования параметров скоплений галактик, которые наблюдаются при исследовании эффекта Сюняева-Зельдовича. По этим параметрам вычислялись потоки реликтового излучения на заданных частотах наблюдений, аналитическая аппроксимация которых восстанавливала значение T_0 и ошибку его определения. Параметры скоплений и статистические ошибки потоков генерировались случайным образом в заданных интервалах их определения. Моделирование выполнялось в рамках Λ CDM модели с зависимостью температуры реликтового излучения T_z от космологического красного смещения z : $T_z = T_0(1 + z)$, где $T_0 = 2.7255$ К. В дополнение, было исследовано влияние на результаты данных по молекулярным облакам с большими красными смещениями z в диапазоне от 1.5 до 3.5. В результате обнаружено: разные методы измерений дают существенно разные оценки величины T_0 и ее точности. Также в работе удалось достичь по порядку величины той точности измерений T_0 , которая определялась не по космологическим данным и является лучшей на сегодняшний день: $T_0 = 2.7255 \pm 0.0006$ К (Фиксен, 2009). Однако для этого необходимо было отнаблюдать около 1000 дополнительных систем с ошибками ~ 0.05 К, что представляется затруднительным в ближайшее время.

Александр Васильевич Бобаков (Физико-технический институт имени Иоффе)

Параметры компаньона миллисекундного пульсара J0621+2514 в двойной звездной системе по спектральным оптическим данным Большого Канарского телескопа. // А.В. Бобаков, А.В. Карпова, Д.А. Зюзин, Ю.А. Шибанов

Многоволновые наблюдения миллисекундных пульсаров в двойных звездных системах важны для исследования образования и эволюции этих систем. Согласно последним данным, массы нейтронных звёзд в них могут достигать рекордных значений более двух масс Солнца, существенно превышающих "классическую" величину 1.4 солнечных масс. Это дает новые ограничения на фундаментальные свойства вещества сверхъядерной плотности. Важной составляющей здесь являются оптические наблюдения, которые позволяют определить параметры компаньона пульсара и оценить массу нейтронной звезды.

В этой работе мы представляем результаты первых спектральных оптических наблюдений компаньона миллисекундного гамма- и радиопулсара J0621+2514, полученных на 10-метровом Большом Канарском телескопе. Период пульсара и орбитальный период системы составляют 2.7 мс и 1.26 дня, а видимая яркость компаньона - 22 звездные величины. Из наших наблюдений следует, что компаньон является белым карликом типа DA с водородной атмосферой. В результате спектрального анализа с использованием моделей излучения атмосфер DA карликов получены оценки для температуры, поверхностной гравитации и радиуса компаньона, а также расстояния до него. Наши спектральные данные получены всего для трех орбитальных фаз системы, которые позволяют построить лишь первое грубое приближение для кривой лучевых скоростей и ее амплитуды. С учетом полученных данных и данных радионаблюдений получена первая оценка на массу пульсара.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 22-22-00921, <https://rscf.ru/project/22-22-00921/>

Елена Андреевна Брылякова (Пушчинская радиоастрономическая обсерватория)

Распределение энергии импульсов вращающихся радиотранзиентов по наблюдениям на частоте 111 МГц
// Е.А Брылякова, Т.В Смирнова, С.А Тюльбашев, М.А Китаева

Представлен статистический анализ импульсов вращающихся радиотранзиентов (RRATs), обнаруженных ранее в ходе круглосуточных мониторинговых наблюдений на частоте 111 МГц на радиотелескопе БСА ФИАН (Большая Синфазная Антенна). Исследуемые RRATs имеют различное распределение энергии импульсов. Полученные распределения, включающие в себя сотни и

более импульсов, описываются логнормальной функцией со степенным хвостом, а также степенными функциями. Для некоторых RRAT мы обнаружили импульсы с отношением сигнал/шум в несколько сотен. При значительном изменении силы амплитуды их импульсов наблюдаются длительные интервалы отсутствия излучения или его сильное затухание. Анализ показывает, что RRATs представляют собой не однородную выборку, а смесь разных видов пульсаров. Это могут быть пульсары с длительными нуллинггами, пульсары со вспышечной активностью, пульсары с гигантскими импульсами, пульсары с очень длинным хвостом распределения импульсов по энергиям. Поэтому необходимы длительные исследования больших выборок RRATs, которые позволят более точно судить о справедливости различных гипотез. Показано, что по крайней мере часть проанализированных RRATs, являются пульсарами с гигантскими импульсами.

Александр Сергеевич Винокуров (Специальная
астрофизическая обсерватория РАН)

*Моделирование оптического спектра ультраяркого
рентгеновского пульсара NGC7793 P13 //*

А. С. Винокуров (САО РАН), А. Е. Костенков (САО РАН),
Ю. Н. Соловьева (САО РАН), А. Н. Саркисян (САО РАН),
О. Н. Шолухова (САО РАН)

Спектроскопия ультраярких рентгеновских источников (ultraluminous X-ray sources, ULXs) в оптическом диапазоне свидетельствует в пользу мощных истечений вещества со скоростями сотни-тысячи км/с. Источником формирования наблюдающихся в спектрах ULX линий может являться как ветер сверхкритического диска, так и ветер звезды-донора. Мы рассматриваем оба варианта на примере ультраяркого рентгеновского пульсара NGC7793 P13, аппроксимируя его оптический спектр моделями протяженных атмосфер, рассчитанных с помощью не-ЛТР кода CMFGEN. Рассмотренные модели, обладая как рядом преимуществ, так и недостатками, дают близкие оценки базовых параметров ветра: темп истечения вещества в ветре в диапазоне масс солнца в год, температура фотосферы ветра 1417 кК, терминальная скорость 250–550 км/с (скоростные законы с $\beta = 4$ и 2, соответственно). Полученные результаты пока не позволяют выбрать одну из предложенных моделей, однако, мы не исключаем такую возможность в будущем на основе анализа спектральной переменности в зависимости от орбитальной фазы. Работа поддержана грантом РФФ №21-72-10167.

Алина Александровна Вольнова (Институт космических исследований РАН)

Исследования родительских галактик космических гамма-всплесков с помощью наблюдательной сети ИКИ GRB-FuN // А. Вольнова (ИКИ РАН), А. Позаненко (ИКИ РАН), С. Белкин (ИКИ РАН)

Несмотря на более чем 50-летнюю историю исследований космических гамма-всплесков, их космологическая природа была подтверждена лишь в 1997 году с открытием первой родительской галактики гамма-всплеска. С тех пор открыто и в разной степени детально исследовано около всего 250 родительских галактик всплесков. До сих пор фотометрические и спектроскопические наблюдения родительской галактики всплеска являются единственным способом определения расстояния до источника всплеска через определение красного смещения галактики в том случае, если красное смещение не удалось определить на ранней (яркой) фазе послесвечения. Изучение морфологии и физических свойств родительских галактик даёт информацию об условиях, в которых происходят гамма-всплески, а также позволяют определить параметры среды, окружающей их источники. Примерно в трети случаев всех гамма-всплесков с красным смещением меньше $z = 4$ поглощение в родительской галактике значительно ослабляет оптическое излучение послесвечения всплеска. Изучение таких, так называемых оптически тёмных всплесков позволяет оценивать количество пыли в их родительских галактиках. В докладе приводятся результаты исследований родительских галактик гамма-всплесков на основе наблюдений инструментов сети ИКИ GRB-FuN, проводится сравнение их свойств со свойствами галактик поля и родительских галактик известных гамма-всплесков.

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

Поиск массивных рентгеновских скоплений галактик в данных АСТ с помощью глубокого обучения
// С.А. Воскресенская, А.В. Мещеряков

Поиск самых массивных гравитационно-связанных объектов во Вселенной (скоплений галактик) представляет большой интерес (Буренин и др., 2021). Рентгеновский обзор eРОЗИТА позволил создать наиболее полную выборку скоплений на всем небе (Сюняев и др., 2022). Каталог скоплений eРОЗИТА содержит в себе уникальные наиболее массивные объекты, задаче отождествления которых посвящена данная работа. Мы демонстрируем возможность автоматической классификации массивных рентгеновских скоплений галактик по данным телескопа АСТ при помощи искусственных

нейросетей. Модели глубокого обучения, используемые в данной работе, основаны на методах компьютерного зрения, обнаруживающих эффект Сюняева-Зельдовича. Для проверки поведения моделей использовались каталог рентгеновских скоплений галактик XMM-Newton в области XMM-XXL-N. Мы показали, что модель хорошо идентифицирует скопления на карте АСТ. Предложенная модель позволит отождествить $\approx 70\%$ рентгеновских скоплений двухлетнего обзора eROSITA (в области покрытия обзора АСТ) с массой $M_{500} > 3 \cdot 10^{14} M_{\odot}$, $\approx 80\%$ скоплений с массой $M_{500} > 3,8 \cdot 10^{14} M_{\odot}$, и $\approx 90\%$ с массой $M_{500} > 4,4 \cdot 10^{14} M_{\odot}$.

Михаил Гарасёв (Институт прикладной физики РАН)

*Особенности распределения магнитного поля в
бесстолкновительных ударных волнах*

// М. А. Гарасев, Е. В. Дерипев

Рассмотрены статистические свойства распределения амплитуд магнитного поля в релятивистских бесстолкновительных ударных волнах в электрон-позитронной плазме на основе соответствующего 2D3V PIC-моделирования.

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

Диффузионные токи в сверхтекучих

ферми-жидкостных смесях. // О. А. Гогличидзе, М. Е. Гусаков

Внутренние слои нейтронных звезд состоят из смесей ферми-частиц: лептонов (электронов и мюонов) и барионов (нейтронов, протонов, гиперонов), причем последние могут находиться в сверхтекучем/сверхпроводящем состоянии. Корректное рассмотрение глобальных динамических процессов в нейтронных звездах, таких как эволюция магнитного поля и возбуждение/затухание колебаний, требует учёта ряда механизмов диссипации энергии. Одним из важнейших таких механизмов является диффузия различных сортов частиц друг относительно друга. В нашей работе развита теория, позволяющая находить диффузионные токи в сверхтекучих/сверхпроводящих сильно взаимодействующих смесях ферми-жидкостей. Естественными переменными для описания таких токов оказываются скорости переноса парциальных энтропий различных сортов частиц. Получены выражения для "матрицы увлечения", связывающей нормальные (несверхтекучие) токи частиц со скоростями парциальных энтропий. В рамках квазиклассической кинетической теории получены аналитические выражения для коэффициентов диффузии. Показано, что в отличие от несверхтекучих смесей, в сверхтекучих смесях параметры Ландау, описывающие ферми-жидкостные эффекты при

взаимодействии барионов, явно входят в полученные выражения. Таким образом, в работе указан метод учёта ферми-жидкостных эффектов, необходимый для систематических расчетов коэффициентов диффузии в сверхтекучем веществе нейтронных звёзд.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №22-12-00048.

Алёна Сергеевна Горбан (Институт космических исследований РАН, Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики")

Исследование спектральных и временных характеристик рентгеновского пульсара GRO J2058+42 в низком состоянии

// А.С. Горбан, С.В. Мольков, С.С. Цыганков, А.А. Муштуков, А.А. Лутовинов

Рентгеновский пульсар GRO J2058+42 был открыт во время гигантской вспышки в сентябре 1995 года с помощью инструмента BATSE/CGRO. До 2019 года источник оставался в состоянии покоя, затем инструментами BAT/SWIFT и GBM/Fermi была зарегистрирована гигантская вспышка излучения. В данной работе представлены результаты исследования свойств пульсара при низких темпах аккреции, наблюдение которого проводилось через 150 дней после максимума основной вспышки, и проведено сравнение спектральных и временных характеристик пульсара с характеристиками в ярком состоянии. В работе показано, что профиль импульса источника, так же как и доля пульсирующего излучения, значительно изменились по сравнению с предыдущими наблюдениями обсерватории NuSTAR, выполненными когда светимость пульсара была примерно в 10 раз ярче. Положение циклотронной линии на энергии ~ 10 кэВ в узком фазовом интервале согласуется с предыдущими результатами. Спектральный анализ показал, что при падении светимости до $L_X \approx 2.5 \times 10^{36}$ эрг s^{-1} , для описания спектра необходимо использование двухкомпонентной модели. Это описывается в рамках модели, когда низкоэнергетическая часть спектра образуется в горячем пятне, а высокоэнергетическая – в результате резонансного комптоновского рассеяния на падающем веществе в аккреционном канале над поверхностью нейтронной звезды. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-12-00423.

Полина Дмитриевна Ефремова (Казанский
(Приволжский) федеральный университет)

*Спектральное исследование катаклизмической
переменной V795 Her // П. Д. Ефремова (К(П)ФУ),
А. И. Колбин (К(П)ФУ, САО РАН), Н. В. Борисов (САО РАН)*

В данной работе проведен анализ спектральных данных V795 Her (2RXP J171256.0+333121) — новоподобной звезды типа SW Sex, попадающей в «провал периодов». Данные получены на телескопе БТА САО РАН со спектрографом UAGS. Анализ кривой потока и динамического спектра линии HeII $\lambda 4686$ подтверждает то, что у системы наблюдаются квазипериодические изменения потока с характерным периодом ≈ 19 мин. Построена кривая лучевых скоростей в этой линии, полученная полуамплитуда лучевых скоростей $K = 90 \pm 13$ км/с позволила оценить массу белого карлика $M_1 = (0.65 \pm 0.09) M_{\odot}$ и угол наклона орбиты $i = (65_{-19}^{+25})^{\circ}$. Кривые лучевых скоростей в линиях H_{β} и H_{γ} имеют отклонения от аппроксимирующих их синусоид, вероятно область излучения рассматриваемых линий имеет сложную протяженную форму. Также выполнена доплеровская томография в линиях HeII $\lambda 4686$, H_{β} и H_{γ} , указывающая на образование линий вне аккреционного диска.

Артём Андреевич Запорожец (Государственный
астрономический институт имени П.К. Штернберга)

*Чёрные дыры, странствующие в Млечном Пути
// А. Запорожец, Е. Васильев, В. Белокуров*

Благодаря новым данным о звёздах нашей галактики, появившимся в последнее время (в частности, обзорам GAIA), мы можем утверждать, что Млечный Путь образовался в результате слияния двух галактик сравнимого размера примерно 8-11 млрд лет назад. Мы моделируем это столкновение и, предполагая что в центре каждой галактики находится чёрная дыра, хотим выяснить судьбу последних.

Чёрные дыры, движущиеся в среде звёзд, подвержены влиянию динамического трения. Оно тормозит массивное тело и заставляет его уменьшать размеры своей орбиты, что поднимает интересный вопрос - может ли чёрная дыра меньшей галактики упасть на центр большей и слиться с её чёрной дырой за время, меньше Хаббловского?

Решая задачу N тел для двух галактик и интегрируя уравнения движения чёрной дыры в потенциале новой галактики, мы получили занятный результат - скорее всего, чёрная дыра реальной массы до сих пор вращается на какой-то стабильной орбите внутри Млечного Пути. Вне зависимости от направления скорости налёта меньшей галактики на большую, динамическое трение не оказывается достаточным для того, чтобы значительным образом уменьшить

размеры орбиты чёрной дыры. Это значит, что внутри нашей Галактики потенциально существует ещё одна сверхмассивная чёрная дыра, которую в дальнейшем можно пытаться искать на небе.

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

Ограничения на параметры распадающейся тёмной материи из стерильных нейтрино по данным телескопа ART-XC на борту обсерватории СРГ

// Е.И. Захаров, Р.А. Буренин, В.В. Баринов, Д.С. Горбунов, Р.А. Кривонос и коллектив СРГ/ART-XC

По данным телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского на борту космической обсерватории "Спектр-РГ" проводится поиск следов распада частиц темной материи из стерильных нейтрино массами от 12 до 40 кэВ. Используются данные обзора всего неба в области центра Галактики. Полученные ограничения подтверждают результаты, полученные ранее по данным обсерватории NuSTAR и INTEGRAL.

Дмитрий Александрович Зюзин (ФГБУН ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Природа гамма-источника 4FGL J1838.2+3233: вспыхивающая "черная вдова"

// Д.А. Зюзин, А.Ю. Кириченко, А.В. Карпова, Ю.А. Шибанов

Представлены результаты оптических наблюдений возможного оптического/рентгеновского компаньона гамма-источника 4FGL J1838.2+3233, предположительно являющегося миллисекундным пульсаром. Наблюдения проходили в течении трех ночей на 2.1 метровом телескопе обсерватории Сан Педро Мартир, Мексика. Анализ данных показал, что точечный оптический источник с координатами RA=18 38 16.773 и Dec=+32 24 11.1, согласующимися с координатами 4FGL J1838.2+3233, является переменным с периодом 4.86 часа. Его яркость в R полосе. изменялась от 19.5 до 22.5 Озвездных величин. В последнюю ночь источник демонстрировал вспыхивающую активность. Наблюдаемые свойства позволяют отнести 4FGL J1838.2+3233 к классу так называемых "черных вдов" - миллисекундных пульсаров в тесных двойных звездных системах с мало-массивными звездными компаньонами <0.1 массы Солнца. Орбитальные вариации блеска таких систем образуются в

результате нагрева стороны компаньона, обращенной к пульсару, пульсарным ветром и/или излучением пульсара.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда №22-22-00921, <https://rscf.ru/project/22-22-00921/>

Дмитрий Александрович Зюзин (ФГБУН ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Может ли источник X5 в шаровом скоплении 47 Тукана принадлежать классу HOFNAR?

// Д.А Зюзин, А.В. Карпова, А.И. Чугунов, А.Ю. Кириченко, М.Е. Гусаков

Ранее была высказана гипотеза, что если раскрутка нейтронных звёзд в мало-массивных рентгеновских двойных (LMXB) привела к возникновению в нейтронной звезде неустойчивости г-мод колебаний, то по окончании LMXB фазы такая звезда останется горячей за счет подогрева при диссипации г-мод и будет сохранять свою температуру длительное время (до сотен миллионов лет). Если такие звёзды существуют, их следует относить к отдельному (гипотетическому) классу нейтронных звёзд — HOFNAR (от Hot and Fast Non-Accreting Rotators). Рентгеновский источник X5 в шаровом скоплении 47 Тукана может принадлежать к классу HOFNAR — он ни разу не наблюдался в состоянии активной аккреции, а его рентгеновский спектр хорошо описывается тепловой моделью немагнитиченной водородной атмосферы нейтронной звезды.

Проведенный анализ архивных наблюдений шарового скопления 47 Тукан позволил отождествить компаньона X5 в оптическом и инфракрасном диапазонах и определить потоки в 8 фильтрах. По спектру были определены его масса $\sim 0.5 M_{Sun}$ и радиус $\sim 0.4 R_{sun}$. При таких параметрах компаньон заполняет полость Роша только на 50%. В этом случае единственным источником для долговременной аккреции на нейтронную звезду может быть звездный ветер компаньона, скорость которого на много порядков меньше, чем необходимо для объяснения рентгеновского излучения X5 как нейтронной звезды, подогретой за счет аккреции. Ввиду этого идентификация X5 как объекта HOFNAR представляется возможной. Работа поддержана грантом РФФ №22-12-00048.

Арсений Юрьевич Истомин (Московский
физико-технический институт)

Исследование линии смерти радиопульсаров — “долина смерти” // А. Ю. Истомин

В данной работе изучается ширина "долины смерти" на диаграмме $P - P'$ для радиопульсаров, заменяющей общепринятую линию смерти (выключения). Используя точное выражение для падения потенциала над полярной шапкой из которого следует соответствующий критерий рождения электрон-позитронной плазмы, был проведен анализ наблюдаемого распределения пульсаров. Было рассмотрено влияние всех значимых параметров, таких как радиус звезды, ее масса, распределение частиц по гамма факторам, и.т.д. В результате было показано, что наблюдаемые данные находятся в согласовании с теоретической моделью даже для дипольного магнитного поля.

Александр Давидович Каминкер (Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе)

*Особенности пространственного распределения
галактик по данным каталога SDSS DR12 LOWZ*
// А.Д. Каминкер, А.И. Рябинков

На основе данных спектроскопического каталога SDSS DR12 LOWZ проведен статистический анализ пространственного распределения галактик Северного полушария в интервале красных смещений $0.16 \leq z \leq 0.47$. Использовался подход интегральной геометрии (преобразование Радона), — строились одномерные распределения проекций сопутствующих декартовых координат галактик заданной объемной выборки на различные направления в пространстве. Обнаружены выделенные направления, вдоль которых одномерные распределения координат галактик содержат значимые квазипериодические компоненты. Эти компоненты проявляются как пики в 1D спектрах мощности, лежащие в узком интервале значений волновых чисел $0.05 < k < 0.07 \text{ h} / \text{Мпк}$. Уровни значимости этих пиков для разных выборок и ряда геометрических построений превышают $(4 - 5)\sigma$. Выделенные направления на небе и рассчитанные уровни значимости пиков подтверждают результаты работы [1]. Результаты проведенных расчетов, а также предварительного анализа фотометрического каталога скоплений галактик Южного полушария [2], согласуются с гипотезой [3] о существовании во Вселенной анизотропных квазипериодических структур с характерными масштабами $110 - 140 \text{ h}^{-1} \text{ Мпк}$.

[1] Ryabinkov A.I., Kaminker A.D. 2021, Universe 7, 289

[2] Wen Z.L., Han J.L. 2022, MNRAS 513, 3945

[3] Einasto J. Dark matter and cosmic web story, World Scientific: Rome, Italy, 2014

Полина Игоревна Кивокурцева (Московский
государственный университет имени М. В. Ломоносова)

Механизм рождения нейтрино в корях радиоблазаров
// О.Е. Калашев, П.И. Кивокурцева, С.В. Троицкий

Модели происхождения астрофизических нейтрино с энергиями от ТэВ до ПэВ сильно ограничиваются многоканальными наблюдениями. Недавние результаты указывают на статистически значимые ассоциации между нейтрино и активными ядрами галактик, выбранными по их радиопотоку. Это дает возможность предположить, что нейтрино рождаются в центральных частях блазаров, АЯГ с релятивистскими джетами, направленными на наблюдателя. Однако традиционные модели АЯГ, как правило, объясняют только самую высокоэнергетическую часть спектра потока нейтрино, который ассоциируются с блазарами с помощью наблюдений. Цель данного проекта — понять, как нейтрино могут рождаться в части АЯ, радио кор, расположенный вблизи черной дыры. Физические условия в коре отличаются от среды черной дыры и от плазменных сгустков (блобов), движущихся вдоль джета. Необходимый поток нейтрино, значительно меньший, чем поток фотонов, может возникать при взаимодействии релятивистских протонов, ускоренных ближе к черной дыре, с излучением в коре.

Сергей Ортабаевич Кийков (Национальный
исследовательский университет «Высшая школа
экономики»)

*Исследование взаимодействия ветра из массивных звезд
с межзвёздной средой* // С.О. Кийков

Изучается взаимодействие ветра из массивных звезд с внешней межзвёздной средой. Звёздный ветер рассматривается как сверхзвуковой газовый поток, а межзвёздная среда представляет собой однородный первоначально покоящийся газ. Выполнено аналитическое исследование течения в области взаимодействия ветра с межзвёздным газом. Полученные результаты позволяют анализировать распределение параметров плазмы в области взаимодействия ветра и окружающей межзвёздной среды.

Фёдор Алексеевич Князев (Московский
физико-технический институт)

*Изучение рефракции и поглощения электромагнитных
волн в магнитосфере радиопульсаров // Ф. А. Князев*

Из анализа позиционного угла излучения радиопульсаров часто видно, что радиоизлучение состоит из 2 ортогональных мод. Эти моды были сопоставлены с O и X модами в замагниченной электрон-позитронной плазме. Для O-моды коэффициент преломления нетривиальным образом зависит от параметров плазмы, что приводит к значительной рефракции и возможности появления среднего горба на среднем профиле пульсара, что было предсказано упрощенными теоретическими моделями и подтверждено нашим численным моделированием. Также был произведен анализ данных наблюдений, на основе чего были сделаны выводы о характере распределения пульсаров в зависимости от преобладающей моды излучения. Кроме того были обнаружены пульсары со слабой зависимостью ширины среднего профиля от частоты излучения и было предложено теоретическое обоснование этого явления.

Александр Иванович Колбин (Казанский (приволжский)
федеральный университет)

*Оптические исследования полярной звезды ВМ CrV // А.И. Колбин,
Н.В. Борисов., А.Н. Буренков*

Представлены результаты анализа фотометрических и спектральных наблюдений полярной звезды ВМ CrV. Демонстрируется изменение формы кривых блеска полярной звезды с изменением темпа аккреции. Показано, что при низких темпах аккреции газ аккрецирует один магнитный полюс, а при увеличении темпа аккреции "включается" второй магнитный полюс. В спектрах полярной звезды обнаружены абсорбционные компоненты зеемановского расщепления линии H_{α} , формируемые в холодном гало вокруг аккреционного пятна при напряженности магнитного поля $B=15$ МГс. Проявляются затмения источника эмиссии в линии H_{α} . Кривые потока и кривые лучевых скоростей линии H_{α} согласуются с моделью полярной звезды, в которой основной источник эмиссии расположен около точки Лагранжа L1. В спектрах полярной звезды наблюдается переменная циклотронная составляющая, излучаемая аккреционным пятном. Моделирование циклотронного спектра дало оценку напряженности магнитного поля в аккреционном пятне $B \sim 30$ МГс.

Владимир Кондратьев (Объединенный институт ядерных исследований)

Эффекты намагниченности звездного вещества в спектрах нейтрино и перспективы наблюдений большими телескопами // В. Кондратьев

Рассмотрено влияние неупругого рассеяния на ядрах в ультранамагниченном веществе сверхновых на энергетические спектры нейтрино во время эволюции, слабо связанной с материей. При конечной температуре нейтрино испытывает экзо- и эндоэнергетическое рассеяние на намагниченных нуклонах, обусловленное компонентой нейтрального тока взаимодействия Гамов-Теллера. Исходя из анализа свойств и сечений передачи энергии за счет существенных дополнительных механизмов обмена энергии, возникающих в намагниченном нуклонном газе, получено кинетическое уравнение для динамики нейтрино. Показано, что величина передачи энергии и коэффициент переноса в энергетическом пространстве изменяют знак с положительного на отрицательный при энергии нейтрино, превышающей в четыре раза температуру вещества, практически независимо от величины магнитной индукции. При реалистичных параметрах вещества звезды такие эффекты приводят к увеличению жесткости энергетических спектров нейтрино, особенно для ароматов, соответствующим тяжелым лептонам. Показано, что такое усиление жестких энергий нейтрино благоприятно для наблюдений нейтрино сверхновых с помощью нейтринных телескопов больших объемов.

Сергей Александрович Корягин (Институт прикладной физики РАН)

Квазикогерентное тормозное излучение в низкотемпературной плазме фотосферы магнитного белого карлика // С. А. Корягин (Институт прикладной физики РАН, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского)

Сильное магнитное поле порождает в системе из электрона и протона долгоживущие квазисвязанные состояния с положительной энергией. В квазисвязанном состоянии магнитное поле удерживает электрон поперёк своих силовых линий, тогда как кулоновское поле ядра препятствует уходу частицы вдоль. Квазисвязанное движение состоит из длинных последовательностей возврата электрона к ядру с медленно меняющимся периодом. Вместе с тем электрон дрейфует по азимуту в скрещённых электрическом кулоновском поле ядра и внешнем однородном магнитном поле в одном направлении. Однонаправленный дрейф и квазипериодический возврат к ядру создают резонансное движение, в котором электрон в среднем перемещается по азимуту с угловой скоростью вращения вектора электрического поля в волне (в диапазоне

ниже электронной циклотронной частоты). Резонанс существенно увеличивает мощность излучения (и коэффициент поглощения) одной из циркулярно поляризованных волн. Таким образом, квазипериодическое квазисвязанное движение свободного электрона около ядра в магнитном поле порождает дихроизм для лево- и право циркулярно поляризованных волн, который отсутствует в случае мгновенных столкновений. Данное обстоятельство должно приводить к высокой степени не только линейной, но и циркулярной поляризации излучения в континууме одиночного магнитного белого карлика в диапазоне ниже электронной циклотронной частоты (в инфракрасном диапазоне). Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-02-00104а.

Сергей Александрович Корягин (Институт прикладной физики РАН)

Мазерное синхротронное излучение плазменного токового слоя в приложении к радиоизлучению пульсара
// В. В. Железняков (ИПФ РАН); С. А. Корягин (ИПФ РАН, ННГУ им. Н. И. Лобачевского)

В случае широкого распределения частиц по направлению импульса, мазерный механизм синхротронного излучения реализуется в плазменной среде, где фазовая скорость волн превышает скорость света. В работе показано, что максимальный инкремент мазерного излучения на заданной частоте реализуется при условии, что плотность энергии частиц релятивистской плазмы порядка плотности энергии магнитного поля. Указанное условие достигается в плазменном токовом слое, где давление среды скомпенсировано давлением магнитного поля. Для модельного токового слоя Харриса указан диапазон частот и направлений, в котором мазерное излучение избегает последующей реабсорбции в крыльях слоя и выходит к наблюдателю. Реабсорбция "отключается" за счёт того, что первая синхротронная гармоника среды поднимается выше частоты волны при распространении из центра слоя наружу. В таком режиме излучение усиливается в 2 раза на трассе длиной порядка ларморовского радиуса релятивистского электрона — очень короткой по сравнению с толщиной слоя. Поэтому уровень выходящего излучения обусловлен насыщением усиления. Рассмотрен вариант насыщения волнового поля на уровне так называемой релятивистской напряжённости. Получен лоренц-фактор релятивистских электронов порядка 350 и индукция магнитного поля порядка 10 кГс в области мазерного синхротронного излучения в предположении, что радиоизлучение пульсара в Крабовидной туманности на низкочастотной границе около 100 МГц насыщается на уровне релятивистской напряжённости в источнике около светового цилиндра. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-02-00104а.

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

Молекулы HD в Магеллановых Облаках

// Д.Н. Косенко, С.А. Балашев

Молекула HD — изотоп самой распространенной молекулы во Вселенной, H₂. Отношение N(HD)/N(H₂) сильно зависит от физических условий в среде, что позволяет оценивать различные параметры. Ранее мы показали, что при уменьшении металличности концентрация молекул HD может увеличиваться. Одни из ближайших к нам галактик, в которых наблюдается существенно меньшая металличность, чем в Млечном Пути, — это Большое и Малое Магелланово Облако. Близость к нашей Галактике дает уникальную возможность детального изучения низкометаллических систем вдоль различных лучей зрения и оценки условий в этих системах. Мы провели систематический поиск молекул HD в Магеллановых Облаках, используя архивные спектры телескопа FUSE. Для поиска молекул HD мы использовали методы абсорбционной спектроскопии систем, лежащих на луче зрения наблюдатель - яркий фоновый источник. Лучевые концентрации HD в найденных системах варьируются от 10¹³ до 10¹⁵ см⁻². Используя архивные данные телескопа Хаббл, для некоторых систем были найдены населенности уровней тонкой структуры CI и металличности. Используя полученные концентрации CI, H₂ и HD, были оценены физические условия в этих системах, а именно, скорости ионизации космическими лучами, интенсивности УФ фона и объемные концентрации. Работа поддержана грантом РФФИ №18-12-00301

Вероника Юрьевна Кочкина (ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет")

*Спектральные и поляриметрические исследования
поляра 1RXS J184542.4+483134*

// В.Ю. Кочкина, А.И. Колбин, Н.В. Борисов

В данной работе выполнены спектральные, фотометрические и фотополяриметрические исследования поляра 1RXS J184542.4+483134. По спектральным наблюдениям, полученным на телескопе БТА САО РАН, проведен анализ поведения эмиссионной линии H α в течение орбитального периода, восстановлены доплеровские томограммы. В некоторых фазах орбитального периода эмиссионные линии сменяются на абсорбционные, что указывает на покрытие белого карлика аккреционной струей. Путем моделирования циклотронных спектров определены напряженность магнитного поля белого карлика и температура аккреционного пятна. Выполнен анализ изменения кривой блеска в зависимости от состояния аккреции на основе данных обзора ZTF, сделаны предположения о положении аккреционного

пятна. По фотометрическим данным, полученным на РТТ-150, определена продолжительность затмения белого карлика, позволившая сделать оценку параметров системы. Проанализированы кривые круговой поляризации в двух состояниях аккреции.

Кирилл Юрьевич Краав (Физико-технический институт имени А. Ф. Иоффе РАН)

Окно неустойчивости неаналитических релятивистских γ -мод в небаротропных сверхпроводящих нейтронных звездах
// К.Ю. Краав, М.Е. Гусаков, Е.М. Кантор

Как недавно было показано, релятивистское обобщение ньютоновских γ -мод в небаротропных медленно вращающихся нейтронных звездах описывается неаналитическими функциями частоты вращения, что, в свою очередь, приводит к ордерингу (соотношению между собственными функциями γ -мод), существенно отличающемуся от ньютоновского. В данной работе представляются результаты релятивистского расчета характерных времен раскачки релятивистских γ -мод за счет CFS-неустойчивости, а также характерных времен затухания за счет вязкой диссипации и диффузии, являющихся доминирующими диссипативными механизмами в нейтронных звездах. Сравнение полученных характерных времен позволяет построить окно неустойчивости γ -мод, то есть определить те сочетания скорости вращения и температуры звезды, при которых γ -моды оказываются неустойчивыми.

Алексей Антонович Круглов (Институт Космических Исследований Российской Академии Наук)

Исследование космической плазмы в однотемпературном приближении // А.А. Круглов, Н.С. Лыскова, И.И. Хабибуллин

Скопления галактик занимают особое место в современной астрофизике и космологии. Число скоплений и их свойства непосредственно зависят от свойств темной материи и темной энергии, что позволяет использовать скопления как мощный инструмент наблюдательной космологии. Наблюдения горячего газа, заполняющего гравитационную яму скопления, открывают возможность изучения различных газодинамических и плазменных эффектов и влияния сверхмассивных черных дыр на нагрев и охлаждение газа. Одной из основных характеристик горячего газа, заполняющего объем скоплений и групп галактик, определяющей свойства и физические процессы в этих объектах, является температура. Температура газа обычно измеряется путем аппроксимации

наблюдаемого рентгеновского спектра, в котором может содержаться несколько компонентов с разной металличностью и температурой. В подавляющем большинстве случаев статистические ошибки в наблюдаемом спектре слишком велики, чтобы обнаружить присутствие нескольких эмиссионных компонент. Поэтому, как правило, для спектров скоплений галактик применяются однотемпературные модели в расчёте на то, что полученное значение температуры будет репрезентативным средним значением. Используя численные космологические симуляции, планируется выявить типичное распределение меры эмиссии и разработать алгоритм для учета этого распределения при оценке средней температуры скопления. Разработанный подход будет применен к выборке реальных скоплений галактик.

Анастасия Кудряшова (Специальная астрофизическая
обсерватория российской академии наук)

*Свойства источников выборки, наблюдаемых в обзорах
неба на РАТАН-600* // А.А. Кудряшова, Н.Н. Бурсов, С.А. Трушкин

В двух круглосуточных обзорах на склонении пульсара в Крабе (май 2018 – май 2019) и склонении микроквазара GRS 1915+105 (июнь 2020 – май 2021) обнаружены 120 ярких радиоисточников с отношением $S/N > 100$ на частоте 4700 МГц, то есть выше 40 мЯн. Исследование этих радиоисточников сделано на основе баз астрофизических данных CATS, Vizier, NED и др. По полученным данным построены радиоспектры всех исследуемых источников. Оптические отождествления выполнены по данным SDSS и другими каталогами. Для объектов с известными красными смещениями определена радиосветимость и оценена радиогромкость источников. Так как каждый источник наблюдаться почти 360 раз в течение года в каждом обзоре, детально проанализирована переменность радиопотока каждого объекта.

Алексей Юрьевич Леонов (Московский
физико-технический институт (государственный
университет))

*Использование методов машинного обучения для
реконструкции углов прилёта частиц в нейтринном
телескопе ВАИКАЛ-GVD* // А.Ю. Леонов, О.Е. Калашев, И.В. Харук

Изучается задача реконструкции углов прилёта нейтрино в эксперименте ВАИКАЛ-GVD. В качестве алгоритма предсказания используются сверточные нейронные сети, в основе архитектуры сетей лежит структура сети ResNet. Используются данные Монте-Карло симуляции однокластерных событий

прилета атмосферных нейтрино с энергиями от 10 ГэВ до 100 ТэВ. Качество работы сети сравнивалось со стандартной реконструкцией по медианным угловым разрешениям. В результате было показано, что нейронные сети могут справляться точнее стандартной реконструкции при восстановлении малых полярных углов прилета. Было выявлено, что нейронные сети, как и стандартная реконструкция, наименее эффективно восстанавливают азимутальный угол прилета. Данный эффект объясняется особенностью конструкции кластеров в телескопе. В дальнейшем рассматривается использование нейронных сетей для уточнения работы стандартной реконструкции и использование графовых нейронных сетей, которые активно применяются в других нейтринных телескопах.

Данил Денисович Лисицин (Государственный
астрономический институт имени П.К. Штернберга МГУ)

*Моделирование рентгеновских вспышек при аккреции на
нейтронные звёзды с наклонённой магнитной осью*
// Д. Д. Лисицин, Г. В. Липунова

На основании модели частично проникающего магнитного поля в геометрически тонкий аккреционный диск была разработана аналитическая модель магнитных моментов сил, действующих на аккреционный диск помимо вязких моментов сил. С помощью полученной информации о магнитных моментах сил было модернизировано уравнение вязкой эволюции аккреционного диска. Изменённые уравнения были реализованы внутри кода `freddi`, который численно решает уравнение вязкой эволюции. Также была исследована эволюция частоты вращения нейтронной звезды, на которую происходит аккреция. Произведено сравнение смоделированных зависимостей и экспериментальных данных: потоков в рентгеновском диапазоне для миллисекундного аккрецирующего рентгеновского пульсара Aql X-1 и эволюции частоты рентгеновского пульсара A0535+262.

Дмитрий Александрович Литвинов (Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук)

Исследование эффектов второго порядка по гравитационному полю в космических экспериментах с квантовыми стандартами частоты и времени следующего поколения

// М. В. Захваткин, Д. А. Литвинов, С. В. Пилипенко, А. И. Филеткин

Общая теория относительности (ОТО) и квантовая теория составляют основу современной физической картины мира. Большинство физиков, однако, уверены, что ОТО не может давать правильное описание гравитации на планковских масштабах энергии, времени и длины. Попытки объединения ОТО с квантовой теорией неизбежно приводят к нарушению лежащего в основе ОТО эйнштейновского принципа эквивалентности (ЭПЭ). В настоящее время ведутся эксперименты по экспериментальной проверке ЭПЭ, в том числе с помощью высокоточного измерения гравитационного красного смещения. В связи с прогрессом в технике создания высокостабильных стандартов частоты, особенно в космическом исполнении, появляется возможность существенно повысить точность экспериментальной проверки ЭПЭ, а также возможность проводить измерения качественно нового типа. Для этого требуется уточнение модели, описывающей преобразования частоты и передачу времени между двумя спутниками или спутником и наземной станцией, а именно включение в рассмотрение членов 2-го порядка по гравитационному потенциалу и 4-го порядка по скорости. В данной работе мы представляем такую уточненную модель, а также с ее помощью предсказываем точность, которую можно достигнуть, используя данные проекта РадиоАстрон и планируемых специальных экспериментов по проверке ЭПЭ. Мы также анализируем дополнительные эффекты, которые становятся доступны для измерения при повышении стабильности стандартов частоты, а именно оцениваем возможные ограничения на постньютоновские параметры.

Игорь Фёдорович Малов (Пушчинская радиоастрономическая обсерватория Астрокосмического центра Физического института РАН)

О гигантских импульсах радиопульсаров

// И.Ф.Малов, О.И.Малов

Проанализированы параметры пульсаров с обнаруженными в них гигантскими импульсами (ГИ) и известные модели, предложенные для описания феномена ГИ. В качестве основных параметров выбраны углы между магнитным моментом и осью вращения, магнитные поля на световом цилиндре и

светимости. Рассмотрены модели Истомина, Петровой, Конторовича и Мачабели с соавторами. Для первой модели необходимы большие магнитные поля на световом цилиндре и ортогональноать осей, для второй — высокие светимости пульсаров. Наиболее перспективными представляются третья модель, в которой ГИ формируются в вакуумном зазоре вблизи поверхности нейтронной звезды, и четвёртая, рассматривающая генерацию ГИ на периферии магнитосферы за счёт накопления энергии в дрейфовых волнах. Исследована однородность популяции пульсаров с ГИ. Для этого использован метод главных компонент. Оказалось, что известные объекты образуют три непересекающихся кластера. Один из них содержит пульсары с короткими периодами и высокими светимостями, второй характеризуется длинными периодами и низкими светимостями. Отдельный кластер связан с пульсаром в Крабовидной туманности. Проведенный анализ предполагает, что вероятно нет единой модели для объяснения всех наблюдаемых особенностей ГИ.

Маргарита Маричева (Специальная астрофизическая
обсерватория Российской академии наук)

*Исследование семи низкометаллических шаровых
скоплений в окрестностях М31*

// М.И. Маричева, М.Е. Шарина, В.В. Шиманский

Шаровые звездные скопления являются представителями наиболее старого населения галактик. Исследование их химсостава, возраста и удельного содержания гелия (Y) способствует лучшему пониманию процессов формирования их родительских галактик и нуклеосинтеза в ранней Вселенной. В данной работе представлено исследование семи низкометаллических скоплений ($[Fe/H] = -2.8..-1.5$ dex) в окрестностях галактики М31. По спектрам суммарного излучения, полученным на БТА, для объектов были определены содержания химических элементов (Fe, C, Mg, Ca, Mn, Ti и Cr), Y и возраст методом, описанным в работе 2020AstBu..75..247S. Все скопления оказались старше 10 млрд. лет. Найдены Галактические аналоги для объектов исследования с $[Fe/H] = -2.3..-1.5$ dex, которые имеют похожие спектры, и следовательно, возраст, химсостав и Y . Низкие содержания Mg у низкометаллических скоплений могут свидетельствовать о наличии множественных звездных населений.

Иван Дмитриевич Маркозов (Санкт-Петербургский
государственный университет)

*Об излучении рентгеновского пульсара с сильным
магнитным полем в случае докритической аккреции:
учёт комптоновского рассеяния*

// И.Д. Маркозов, А.Ю. Потехин, А.Д. Каминкер, А.А. Муштуков

Работа посвящена моделированию характеристик излучения докритических рентгеновских пульсаров с сильным магнитным полем. При соударении аккрецирующего вещества с поверхностью нейтронной звезды порождается излучение в рентгеновском диапазоне, причём давление этого излучения настолько велико, что оно влияет на динамику аккрецирующей плазмы. Поэтому задачи о нахождении характеристик излучения рентгеновского пульсара и гидродинамики падающего вещества должны решаться самосогласованным образом. Расчёты осложняются тем, что сильное магнитное поле искажает амплитуды элементарных процессов взаимодействия излучения и вещества. В данной работе произведено самосогласованное радиационно-гидродинамическое моделирование потока аккрецирующей плазмы на полюса нейтронной звезды. Рассмотрен случай докритических светимостей, учтено комптоновское рассеяние в сильном магнитном поле с сечением, содержащим основной циклотронный резонанс. В таких предположениях получены спектры и поляризация излучения аккреционной колонки.

Арам Артурович Матевосян (Санкт-Петербургский
Политехнический Университет Петра Великого)

*Влияние искривления пространства на момент инерции
магнитного поля пульсара* // Д.П. Барсуков, А.А. Матевосян

Рассматривается влияние искривления пространства в метрике Шварцшильда на момент инерции магнитного поля пульсара вне нейтронной звезды. Рассмотрен как случай момента инерции чисто дипольного поля, так и момент инерции мелкомасштабного магнитного поля. Показано, что несмотря на формальное "увеличение" напряженности мелкомасштабного поля в метрике Шварцшильда в $10 - 10^3$ раз по сравнению с плоским пространством (E. Asseo, D. Khechinashvili 2002), его момент инерции почти не отличается от случая плоской метрики.

Альберт Викторович Мацейко (Институт ядерных исследований Российской академии наук; Московский физико-технический институт)

Применение методов машинного обучения для разделения событий, инициированных мюонами и нейтрино, в эксперименте Baikal-GVD

// А. В. Мацейко, И. В. Харук

Разрабатываются методы машинного обучения, а именно модели нейронных сетей, для классификации по первичной частице (мюон или нейтрино) событий одного кластера телескопа Baikal-GVD, полученных с помощью Монте-Карло симуляции. Энергии нейтрино лежат в диапазоне от 10 ГэВ до 100 ТэВ. В результате применения моделей с высокой точностью разделяются события от нисходящих атмосферных мюонов и восходящих нейтрино: показана возможность отличить 1 событие, вызванное нейтрино, на фоне 10^6 событий, вызванных мюонами. Также на основе нейронных сетей разрабатывается алгоритм восстановления количества событий, инициированных нейтрино, в произвольном наборе событий с минимальной ошибкой. Результаты этой работы показывают, что в перспективе применение машинного обучения к экспериментальным данным Baikal-GVD может улучшить точность стандартных алгоритмических методов реконструкции событий.

Багратион Анзорович Мегрелишвили (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова)

Асимметрия формы импульсов аккреционных колонок

// Б. А. Мегрелишвили, Г. В. Липунова, П. К. Аболмасов

Импульсы рентгеновских пульсаров при больших темпах аккреции могут иметь сложную, асимметричную и меняющуюся со временем форму. Это может быть следствием диаграммы направленности излучения, возникающего в аккреционной колонке, и отчасти сложной геометрии, в которой различные части аккреционного потока по-разному затмевают друг друга на разных фазах вращения нейтронной звезды. Используя классическую модель колонки Баско-Сюняева, затмения в реалистичной дипольной геометрии и приближение локально чернотельного спектра, мы моделируем формы импульсов рентгеновских пульсаров. Асимметричные формы импульсов при этом можно получить, если учесть ограниченность колонки по долготе на поверхности нейтронной звезды. При этом на форму импульса, помимо таких фундаментальных параметров как темп аккреции, наклонение и характеристики магнитного поля, оказывает существенное влияние диапазон долгот, на которых происходит аккреция. Это дает возможность получать существенно различные формы импульсов при одинаковых темпах аккреции и светимостях источника.

Павел Минаев (Институт Космических Исследований РАН)

Новые оценки энергетики события GRB/GW 190425 и кросс-калибровка детектора SPI-ACS/INTEGRAL

// П. Минаев (ИКИ), А. Позаненко (ИКИ)

Мы представляем новые оценки энергетических параметров (поток, спектральная жесткость, полное энергосодержание в источнике) в гамма-диапазоне для события GRB/GW 190425 по данным детектора SPI-ACS/INTEGRAL. GRB/GW 190425 является вторым в истории (после GRB/GW 170817) слиянием двух нейтронных звезд, зарегистрированным совместно в гравитационно-волновом и электромагнитном каналах. В электромагнитном канале оно было зарегистрировано лишь с помощью SPI-ACS/INTEGRAL, который записывает наблюдаемый поток в одном широком энергетическом канале 80 – 10000 кэВ в виде инструментальных отсчетов, что затрудняет определение формы спектра и вычисление энергетического потока. Используя данные гамма-детектора GBM/Fermi, мы провели кросс-калибровку SPI-ACS по 1032 ярким гамма-всплескам. Показано, что чувствительность SPI-ACS зависит как от спектральной жесткости события, так и от расположения его источника на небесной сфере. Полученная кросс-калибровка использована для оценки энергетических параметров события GRB/GW 190425 и представляет особую ценность в контексте приближающегося нового цикла О4 гравитационно-волновых наблюдений LIGO-Virgo-KAGRA.

Евгений Александрович Михайлов (Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН / Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова)

Формирование крупномасштабных структур магнитного поля в аккреционных дисках

// Е.А. Михайлов, М.В. Пашенцева, Е.Н. Жихарева

В настоящий момент практически не вызывает сомнений, что аккреционные диски, окружающие компактные астрофизические объекты (такие как черные дыры, нейтронные звезды и белые карлики) должны обладать регулярными структурами магнитных полей [1]. В частности, они объясняют процесс переноса момента количества движения между различными частями диска. Возникновение данных магнитных полей может быть связано с действием механизма динамо, принципиально схожего с тем, который объясняет магнитные

поля галактик. Можно показать [2], что в аккреционных дисках допустимо использовать модель дискового динамо в диске, которая ранее была разработана для галактических объектов. Вместе с тем, необходимо учитывать некоторые отличия. Так, соотношение толщины и радиуса для аккреционных дисков будет несколько иным. Это требует учета поправок, связанных с толщиной [3]. По этой причине условия возбуждения динамо в аккреционных дисках оказываются несколько более жесткими. Кроме того, представляет интерес вопрос о том, могут ли возникнуть регулярные структуры магнитного поля в случае начальных условий, возникших при перемешивании среды и имеющих случайный характер. В настоящей работе представлены как теоретические оценки, так и результаты численного моделирования для магнитных полей аккреционных дисков.

Литература

1. N.I.Shakura, R.A.Sunyaev. *A&A* 24, 337 (1973).
2. D.V.Boneva, E.A.Mikhailov, M.V.Pashentseva, D.D.Sokoloff. *A&A* 652, A38 (2021).
3. E.A.Mikhailov, M.V.Pashentseva. *MUPB* 77, 741 (2022).

Георгий Юрьевич Мозгунов (Институт Космических
Исследований РАН)

*Поиск и классификация сверхдлинных астрофизических
транзиентов по данным SPI-ACS и IREM обсерватории
INTEGRAL*

// Г. Ю. Мозгунов, А. С. Позаненко, П. Ю. Минаев, И. В. Человеков,
С. А. Гребенев

В работе проводится поиск астрофизических сверхдлинных гамма-транзиентов по данным детекторов SPI-ACS и IREM на борту обсерватории INTEGRAL. Она расположена на высокоэллиптической орбите, что обеспечивает стабильный фон на масштабах времени в несколько тысяч секунд, что сравнимо с длительностью искомых событий. В работе используется алгоритм слепого поиска в промежутке с 2002 по 2022 гг. на временных шкалах от 120 до 1000 секунд. Найдено ~4500 событий, для которых проведена фильтрация от частиц и кроссидентификация с известными каталогами гамма-всплесков и Солнечных вспышек. Показано, что потенциальные кандидаты в сверхдлинные события не выделяются в отдельную группу на распределении длительностей гамма-всплесков, что может свидетельствовать о схожей природе.

Татьяна Морозова (Space research institute of RAS)

Фотозарядка пыли в условиях протопланетных дисков
// Т.И. Морозова, М.А. Гарасев, И.А. Кузнецов

Рассмотрен процесс ионизации-рекомбинации газа и зарядки частиц пыли под действием рентгеновского излучения в условиях космической плазмы. Найдены условия когда в результате воздействия излучения, частицы пыли в протопланетном диске могут приобретать положительный заряд даже при низкой ионизации газа.

Булат Аликович Низамов (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова)

Наблюдения короны активной звезды RX J2143.7+0707 на телескопе eROSITA в калибровочной фазе миссии «Спектр-РГ»
// Б.А. Низамов, М.М. Кацова, А.А. Шляпников, Т.М. Ситнова

Молодая активная звезда RX J2143.7+0707 находится в одном из полей, наблюдавшихся в ходе калибровочной фазы миссии «Спектр-РГ». Это яркий объект ROSAT, и он непрерывно наблюдался телескопом eROSITA в течение 55 кс. В докладе мы приводим результаты анализа этих наблюдений. Корона звезды демонстрирует значительную переменность. Аппроксимация рентгеновского спектра моделью излучения двухкомпонентной тепловой плазмы показала, что корона состоит из компонент с температурами 5.5 и 10.8 МК и мерами эмиссии, соответственно, 2.0 и $5.2 \times 10^{52} \text{ см}^{-3}$. Нам удалось измерить обилия ряда элементов, и они соответствуют так называемому обратному FIP-эффекту, когда обилия элементов с более низким потенциалом ионизации понижены относительно элементов с более высоким потенциалом ионизации, что характерно для активных звёзд. Мы также проделали анализ спектра по нескольким участкам кривой блеска. В частности, в участке, соответствующем значительному увеличению потока, более оптимальной оказалась модель с третьим, горячим компонентом. Мы сравнили свои результаты с рентгеновскими наблюдениями (в том числе на eROSITA) похожей активной звезды AB Dor, её параметры оказались весьма близки RX J2143.7+0707. Мы приводим данные оптических наблюдений, из которых определяются эффективная температура, масса, радиус, скорость вращения и угол наклона оси вращения звезды, а также данные наблюдений TESS, в которых проявляется не только вращательная модуляция блеска, но и весьма мощные вспышки.

Евгения Александровна Николаева (Казанский
(Приволжский) федеральный университет)

*Исследование звезд рассеянного скопления Плеяды,
зарегистрированных в рентгеновском обзоре всего неба
СРГ/еРОЗИТА* // Е.А. Николаева, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов.,
М.А. Горбачев (КФУ, АН РТ, Казань), М.Р. Гильфанов,
Р.А. Сюняев (ИКИ РАН, Москва)

Рассеянное звездное скопление Плеяды является одним из молодых (возраст около 100 млн. лет) и близких к Солнцу (расстояние до него всего 136 парсек). Благодаря высоким рентгеновской чувствительности и позиционной точности координат телескопа еРОЗИТА/СРГ, при сравнении с данными астрометрического спутника GAIA удалось отождествить более 550 звезд скопления Плеяды, излучающих в рентгене. Всего по данным спутника GAIA в скоплении Плеяды обнаруживается около 1300 звезд в широком диапазоне эффективных температур от 3000 до 12000 К. Таким образом, доля рентгеновски активных звезд составляет почти половину от общего количества звезд скопления, что, к примеру, на порядок превышает эту долю для звезд поля в радиусе 200 парсек от Солнца. В докладе будут приведены предварительные результаты исследования звезд скопления Плеяды, принадлежащих различным областям на диаграмме Герцшпрунга-Рессела, по данным рентгеновских обзоров и открытых архивов наземных наблюдений.

Николай Сергеевич Панков (Национальный
исследовательский университет "Высшая школа
экономики")

*Хроматическое послесвечение гамма-всплеска GRB
200829A на красном смещении $z = 1.29$*

// Н. С. Панков, А. С. Позаненко, П. Ю. Минаев, С. О. Белкин, А. А. Вольнова

В работе представлены результаты анализа многоволновых наблюдений длинного космического гамма-всплеска GRB 200829A. Красное смещение всплеска $z \approx 1.29 \pm 0.04$ определено из фотометрии послесвечения. В гамма-диапазоне событие является одним из самых ярких (в изотропном эквиваленте) при рассмотрении отдельных эпизодов. Многоцветная кривая блеска послесвечения GRB 200829A характеризуется хроматизмом и наличием плато, плавно переходящим в степенное падение потока, которое можно также трактовать, как квазисинхронную неоднородность (вспышку). Определив FWHM и интервал времени между регистрацией гамма-всплеска и максимумом вспышки, мы не нашли противоречия линейной корреляции этих параметров, наблюдающейся и для других гамма-всплесков. Мы предполагаем, что

наличие неоднородности в совокупности с хроматизмом не противоречат теории структурированного джета.

Алексей Позаненко (Институт космических исследований)

*Обновленная локализация и оптические кандидаты
яркого гамма-всплеска GRB 140219A*

// А. Позаненко, П. Минаев, Д. Свинкин, Д. Фредерикс, Н. Панков, Е. Мазаева, М. Уланов, Ю. Темираев, А. Ридная, А. Вольнова, С. Белкин, Е. Щекочихин

Мощный длинный гамма-всплеск GRB 140219A ($T_{90}=17.8 \pm 0.9$ с), входящий в десятку наиболее ярких длинных гамма-всплесков эксперимента Конус-Винд, был зарегистрирован шестью инструментами межпланетной сети (IPN). Оперативный поиск отождествлений источника всплеска в оптическом и рентгеновском диапазонах, проведённый на основе IPN локализации (площадь области локализации ~ 1 кв. градус), не принес положительных результатов. В работе представлена обновленная локализация всплеска (~ 0.2 кв. градуса) и результаты ретроспективного поиска оптического послесвечения. Область обновленной локализации была полностью покрыта оптическими наблюдениями через 19 часов после регистрации всплеска с предельным пропусканием 19m. В области локализации было найдено несколько возможных кандидатов в оптический компонент. Мы приводим их параметры и сравнения с известными каталогами. На основе свойств возможных оптических кандидатов, временных и спектральных характеристик, как всплеска в целом, так и отдельных его эпизодов, приведены оценки космологического красного смещения источника всплеска и его возможная физическая природа.

Александр Николаевич Попов (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

*Генерация позитронов при взаимодействии фотонов
космологического фона*

// А. Н. Попов Д. П. Барсуков А. В. Иванчик С. В. Бобашёв

Рассматривается взаимодействие фотонов космологического фонового излучения с рождение пар. Показано, что основной вклад в рождение пар дает взаимодействие фотонов космологического гамма-фона с фотонами внегалактического оптического излучения, хотя учет взаимодействия фотонов космологического фонового гамма-излучения с фотонами космологического ультрафиолетового фона может существенно увеличить темп рождения позитронов.

Сергей Борисович Попов (Государственный
астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ)

Observability of HOFNARs with SRG/eROSITA

// A.D. Khokhriakova (MPE, Munich), A.I. Chugunov (Ioffe),
S.B. Popov (SAI MSU), M.E. Gusakov (Ioffe), E.M. Kantor (Ioffe)

Neutron stars can appear as sources of different nature. In this paper we address observability of a hypothetical class of neutron stars — HOt and Fast Non Accreting Rotators, HOFNARs. These objects are heated due to the r-mode instability. With surface temperatures $\sim 10^6$ K they are expected to be thermal soft X-ray emitters. We perform a population synthesis modeling of HOFNARs to predict the number of potentially detectable sources in the eROSITA all-sky survey. For surface temperatures $\sim 10^6$ K we obtain ~ 500 sources above the detection limit 0.01 cts s^{-1} and ~ 100 easier identifiable sources with $> 0.1 \text{ cts s}^{-1}$. Temperatures $\gtrsim 1.2 \times 10^6$ K start to be in contradiction with non-detection of HOFNARs by ROSAT.

Only for $T \lesssim 5 \times 10^5$ K numbers predicted for eROSITA turn out to be so low that identification does not look possible. We conclude that eROSITA has good chances to discover HOFNARs, if they exist. Non-detection will put very stringent limits on the properties of this type of neutron stars.

Сергей Александрович Прохоренко (Институт
Космических Исследований РАН)

*Переменность рентгеновского излучения квазаров SDSS
в ходе обзора всего неба СРГ/еРозита.*

// С. А. Прохоренко, С. Ю. Сазонов

Изучается рентгеновская (в полосе 0.3–2.2 кэВ) переменность квазаров на масштабе от дня до двух лет на основе четырех проходов телескопа СРГ/еРозита с интервалом в полгода. Выводы делаются на основе яркой ($> 2 \times 10^{13}$ эрг/см²/с) в рентгене подвыборки квазаров SDSS DR14Q. В качестве характеристики внутренней переменности используется коэффициент вариации σ_{int} . Предлагается метод оценки распределения σ_{int} для совокупности однотипных квазаров с несколькими последовательными измерениями потоков для каждого. С использованием этого метода исследуется зависимость σ_{int} квазара от таких физических параметров, как масса сверхмассивной черной дыры, рентгеновская светимость, эддингтоновское отношение и радиогромкость.

Елизавета Борисовна Рыспаева (Крымская астрофизическая обсерватория)

Исследование двух неизвестных рентгеновских источников со вспышками // Е. Б. Рыспаева, А. Ф. Холтыгин

Проанализированы рентгеновские кривые блеска и спектры двух ярких малоизученных источников, обнаруженных на изображениях, полученных камерой EPIC спутника «XMM-Newton» и спектрометром ACIS на спутнике «Chandra», вблизи звезды Хербига HD 163296. Оба объекта, обозначенные как А и В, числятся и в оптических, и рентгеновских каталогах. Во время наблюдений на обоих источниках зафиксированы мощные рентгеновские вспышки. Извлечены и аппроксимированы рентгеновские спектры исследуемых объектов во время вспышек и в их спокойном состоянии. Моделирование спектров показало, что объекты в спокойном состоянии характеризуются тепловым рентгеновским излучением плазмы с температурами 0.2–0.3 кэВ и 0.9–1 кэВ. Во время вспышек температура плазмы источника А изменяется незначительно, а в источнике В плазма нагревается до температуры около 4 кэВ. Возможно также, что температура горячей плазмы в источнике В во время вспышки остается неизменной, а возникает дополнительное рентгеновское излучение нетепловой природы. Сделано предположение, что источник А может быть двойной или кратной звездой с сильным магнитным полем, а рентгеновская вспышка на нем связана либо с маломассивной вспыхивающей звездой, либо с перезамыканием силовых линий локальных магнитных полей, аналогично солнечным вспышкам. Источник В скорее всего является звездой до ГП, его рентгеновская вспышка может быть обусловлена или аккрецией на возможный компактный объект, или взаимодействием магнитного поля звезды с околозвездным диском.

Елизавета Борисовна Рыспаева (Крымская астрофизическая обсерватория)

Проверка гипотез о рентгеновском излучении неоднородных ветров OB звезд: новые результаты
// Е. Б. Рыспаева, А. Ф. Холтыгин

Проанализированы архивные рентгеновские наблюдения 95 OB звезд, выполненные на спутнике «XMM-Newton», для проверки двух гипотез о формировании рентгеновского излучения OB звезд в их неоднородных звездных ветрах: модели Hillier-Feldmeier и «гибридной модели» Cassinelli и соавторов. Согласно первой гипотезе, рентгеновское излучение формируется в результате столкновения сгустков газа в звездном ветре с медленно движущейся газовой оболочкой. Согласно второй, рентгеновское излучение формируется при нагреве плазмы в областях локальных магнитных полей и ударными волнами в звездном ветре. Были извлечены звездные спектры в диапазоне энергий 0.2-8 кэВ и аппроксимированы моделями излучения горячей плазмы APES, в которой атомы ионизируются электронным ударом с добавлением модели PSHOCK, в которой учитывается нестационарность высвечивания горячего газа, нагретого ударными волнами в звездном ветре. Показано, что рентгеновские спектры OB звезд действительно могут быть описаны моделями с добавлением компонента PSHOCK. При этом температура излучающей плазмы в модели PSHOCK увеличивается с ростом кинетической энергии звездного ветра. С использованием полученных из моделирования спектров параметров времени ионизации и меры эмиссии оценены времена высвечивания излучающей в рентгеновском диапазоне плазмы: от нескольких секунд до нескольких килосекунд. Этот результат позволяет сделать вывод о формировании рентгеновского излучения как вблизи звездных поверхностей вследствие высвечивания сгустков газа малого размера, так и на удалении от звездных поверхностей при высвечивании крупных сгустков.

Максат Нурланович Сатыбалдиев (Институт Космических Исследований)

Спектральный и временной анализ быстрого рентгеновского транзиента IGR J16195-4945 по данным SRG/ART-XC // М.Н. Сатыбалдиев, И.А. Мереминский

В данной работе представлены результаты исследования быстрого рентгеновского транзиента со сверхгигантом (SFXT) IGR J16195-4945 по данным, полученным телескопом SRG/ART-XC в 2021 году. Был проведен временной анализ и спектральный анализ полученных данных. Во время наблюдения источник находился в “низком” состоянии с характерной светимостью в $L \simeq 5 \times 10^{34}$ эрг/с, также наблюдались короткие вспышки, в ходе которых

светимость возрастала на 1-2 порядка. Характеристики вспышек, такие как полное энерговыделение и время ожидания, близки к тем, что наблюдаются в других SFXT и могут быть объяснены в рамках “оседающей” аккреции из звездного ветра сверхгиганта.

Елена Сейфина (Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга МГУ)

Рентгеновские предвестники вспышки по данным Swift/XRT объекта MAXI 1348-630
// Л.Г. Титарчук, Е.В. Сейфина

Объект MAXIJ1348-63 обнаружен спутниками MAXI и Swift/BAT во время его рентгеновской вспышки в 2019 г. и стал кандидатом в черные дыры (ЧД). Однако природа его компактного объекта (КО) до сих пор остается спорной. Оценка массы КО на основании его светимости является ненадежной из-за большой неопределенности в расстоянии до объекта. Новые наблюдения SRG/eROSITA и обнаружение гигантского пылевого кольца вокруг MAXI1348 уточнили расстояние до него, что позволяет пересмотр массы КО. Мы исследовали спектральные и временные свойства MAXI1348 по данным Swift и обнаружили корреляции между фотонным индексом Γ и квазипериодическими осцилляциями ν_L . Установлено, что Γ монотонно возрастает во время нарастания вспышки и насыщается на уровне $\Gamma \sim 3$ в ее максимуме, что аналогично поведению ряда других кандидатов в ЧД. Это может рассматриваться как наблюдательное доказательство наличия ЧД в MAXI1348. Для оценки массы ЧД в MAXIJ1348 применялся метод масштабирования на основе корреляции $\Gamma-\nu_L$ с использованием ЧД XTE J1550-564 в качестве опорного источника. Полученная масса ЧД $14,8 \pm 0,2 M_{\odot}$ оказалась в два раза больше, чем в предыдущих исследованиях. Обнаружено специфическое поведение температуры затравочных фотонов диска T_s непосредственно перед вспышкой: T_s сначала снижается от 0,4 до 0,2 кэВ и возрастает только после начала вспышки. Начальное уменьшение T_s происходило одновременно с увеличением доли освещенности f . Этот эффект интерпретирован в терминах комптонизационной модели и предложен в качестве предвестника рентгеновской вспышки.

Михаил Викторович Сусликов (Казанский (Приволжский)
федеральный университет)

*Исследование магнитной катаклизмической переменной
V379 Vir // М.В. Сусликов, А.И. Колбин, Н.В. Борисов, А.Н. Буренков*

Поляры являются магнитными катаклизмическими переменными, состоящими из белого карлика с сильным магнитным полем и холодного красного карлика главной последовательности. В данной работе выполнено комплексное исследование катаклизмической переменной V379 Vir. Особенностью данной системы является избыток излучения в ближнем ИК диапазоне, наличие в спектре сильных абсорбционных компонент зеемановского расщепления бальмеровских линий, а также слабый темп аккреции.

Фотометрические и спектральные данные были получены на телескопах РТТ-150/TFOSC (TUBITAK) и БТА/SCORPIO-1 (САО РАН), соответственно. На основе продолжительных временных рядов наблюдений V379 Vir из обзора ZTF (Zwicky Transient Facility) уточнен орбитальный период $P = 89$ мин. Нами были определены параметры системы на основе моделирования спектрального распределения энергии, полученного из наблюдений на наземных и космических обсерваториях. По изменению положения слабой спектральной эмиссионной линии H_{α} была построена кривая лучевых скоростей вторичной компоненты. На основе анализа величины расщепления зеемановских компонент, изменяющейся в течение периода, получена кривая изменения магнитного поля, которая была промоделирована в рамках дипольного приближения. Кривые блеска V379 Vir в ближнем ИК диапазоне, полученные в работе Debes и др. (2006), показывают наличие источника циклотронного излучения. Нами было выполнено описание ИК кривых блеска в рамках модели вертикально-структурированного пятна в бомбардировочном приближении. При этом получены оценки локального темпа аккреции и размера излучающей области.

Дарья Андреевна Теплых (Пушчинская
радиоастрономическая обсерватория Физического
института им. П.Н.Лебедева)

*Исследование межимпульсного излучения пульсара
B0950+08 на частоте 111 МГц
// В. М. Малофеев, И. Ф. Малов, О. И. Малов, Д. А. Теплых*

Большинство обнаруженных пульсаров имеют ширины среднего интегрального профиля несколько процентов от периода. Тем не менее, есть пульсары, излучение от которых наблюдается в более широком диапазоне долгот. В особенности это относится к излучению на низких частотах, в этом случае излучение генерируется на больших расстояниях от поверхности нейтронной

звезды, где конус излучения заметно расширяется. Если угол между магнитным моментом и осью вращения мал, то луч зрения может находиться внутри эмиссионного конуса длительное время. Мы полагаем, что такой случай имеет место для пульсара B0950+08, излучающего иногда в течение всего периода.

В работе приведены результаты длительных наблюдений пульсара B0950+08 на радиотелескопе БСА ФИАН на частоте 111 МГц. Обнаружена сильная переменность излучения в сотни раз. Подтверждено существование излучения между интеримпульсом (IP) и основным импульсом (MP), значительно более мощного, чем на высоких частотах. 1 августа 2017 г. мы зарегистрировали необычно сильное излучение интеримпульса и прекурсора (Pr). Проанализировав 65 сильных интеримпульсов, мы нашли корреляции между энергиями IP и Pr и между фазой IP и расстоянием Pr-IP. Показано, что наблюдаемые особенности этого пульсара могут быть объяснены в рамках модели соосного ротатора. Расчетное значение начального периода 0,2 сек означает, что не все пульсары рождаются с миллисекундными периодами. Большой возраст пульсара (6,8 млн лет) и малый угол между его магнитным моментом и осью вращения (менее 20°) подтверждают предполагаемую в ряде моделей эволюцию пульсаров в сторону соосности.

Мария Андреевна Тимиркеева (Пушчинская
радиоастрономическая обсерватория)

Наблюдения гамма-пульсара J1836+5925 на 111 МГц

// М.А. Тимиркеева, Д.А. Теплых, В.М. Малофеев, И.Ф. Малов

В работе Малов и Тимиркеева (2018) было высказано предположение о том, что гамма-пульсары с сильными магнитными полями на световом цилиндре и высокими скоростями потери энергии вращения могут излучать в радио диапазоне. Наблюдения пульсара проводились в 2021-2022 годах в Пушчинской радиоастрономической обсерватории на радиотелескопе БСА ФИАН на частоте 111 МГц.

Роберт Равильевич Фитагдинов (Московский
физико-технический Институт)

*Генерация показаний наземных детекторов событий
эксперимента Telescope Array с помощью нейронных
сетей* // Р. Р. Фитагдинов, И. В. Харук

Основной целью данной работы было разработать модели для генерации показаний поверхностного детектора с наибольшей амплитудой для эксперимента Telescope Array с помощью нейронных сетей. Данные,

используемые для обучения модели, были получены с помощью метода Монте Карло. Для достижения данной цели были написаны генеративно состязательные сети Васерштейна с градиентным штрафом. Были получены визуально похожие данные. Была написана функция поиска аномалий, которая позволила не только искать расхождения реальных и смоделированных данных, но и воспроизводить данные близкие к заданным. Задачами дальнейших исследований могут стать написание генеративно состязательной сети для всех поверхностных детекторов, а не только для детектора с наибольшей амплитудой сигнала. Таким образом эта модель может быть хорошей альтернативой методу Монте-Карло, который сейчас применяется. Ее альтернативой перед ним может служить скорость, которая отличается на несколько порядков.

Александр Николаевич Фурсов (Санкт-Петербургский
Политехнический Университет Петра Великого)

*О природе цепочки рентгеновских узелков в пульсарной
туманности Вела*

// А.Н. Фурсов, Г.А. Пономарёв, С.С. Фатеева, К.П. Левенфиш, А.Е. Петров

На рентгеновских изображениях пульсарных туманностей Краб и Вела имеется множество ярких деталей — торы, джеты, кольца, арки, узелки. Теория и современные РМГД-модели туманностей хорошо описывают регулярные структуры типа торов и джетов. Однако природа сильно переменных узелков, которые в обеих туманностях выстроены в регулярные арко- и кольцеподобные структуры, пока что не ясна. В 2021 году Черутти и Гьячинти [1] интерпретировали цепочку ярких узелков на "внутреннем кольце" одноторовой туманности Краб как цепочку гигантских плазмоедов. Опираясь на Particle-in-Cell (PIC) модель, они показали что такие плазмоеды могут формироваться сразу за ударной волной торможения пульсарного ветра, при фрагментации экваториального токового слоя между областями ветра различной магнитной полярности. На основе релятивистского МГД-моделирования мы показываем, что в двухторовых туманностях типа Велы крупные плазмоеды могут возникать не за ударной волной, а на периферии туманности. Там цепочки плазмоедных узелков должны образовывать структуры типа двух соосных "внешних колец" разного диаметра. Ближние (к наблюдателю) стороны этих колец должны проецироваться на яркие участки обоих торов, а дальние — быть близки друг к другу и пересекаться (в проекции) с ярким участком подветренного джета туманности, если последняя видна в проекции Велы. Положение ярких узелков на адаптивно сглаженной катре Велы хорошо согласуется с предсказанием нашей РМГД модели, что позволяет нам предположить, что узелки в Веле также могут являться крупными плазмоедами.

[1] Cerutti V., Giacinti G., 2021, A&A, 656, A91

Тимур Игоревич Халилов (Московский
физико-технический институт)

*Поперечный адиабатический инвариант и яркостная
температура релятивистских джетов*

// В. С. Бескин, Т. И. Халилов, В. И. Парьев

В предположении о сохранении поперечного адиабатического инварианта для излучающих частиц в релятивистских струйных выбросах исследуется изменение яркостной температуры вдоль оси джета. Показано, что в этом случае можно объяснить наблюдаемый излом в зависимости яркостной температуры от расстояния до "центральной машины".

Иван Харук (Институт ядерных исследований)

Машинное обучение в Байкал-GVD

// И. Харук, Г. Рубцов, А. Мацейко, А. Леонов, О. Калашев.

В настоящее время методы машинного обучения применяются для анализа данных многих экспериментов, включая LHC, IceCube и Telescope Array. В докладе будут представлены результаты разработки комплекса нейронных сетей, предназначенных для анализа данных Байкал-GVD. Соответствующие методы покрывают: разделение сигнальных и шумовых срабатываний оптических модулей; выделение событий, индуцированных нейтрино, и определение их количества с минимальной ошибкой; реконструкция углов прилета нейтрино. Разработанные методы в большинстве случаев превосходят стандартные методы реконструкции и позволят добиться лучшей точности восстановления параметров регистрируемых событий.

Татьяна Тимуровна Хасаева (Московский
Государственный Университет имени М.В.Ломоносова)

*Формирование инверсий во внешних областях
спиральных галактик при случайных начальных
условиях* // Т. Т. Хасаева, Е. А. Михайлов, И. О. Тепляков

Исследования галактических магнитных полей показывают, что в ряде галактик присутствуют магнитные поля порядка единиц микрогаусс. С теоретической точки зрения их эволюция описывается с помощью механизма динамо, связывающего энергию турбулентных движений межзвездного вещества с потенциальной энергией формирующегося магнитного поля [1]. В некоторых галактиках наблюдается резкая смена направления магнитного поля как правило

в радиальном направлении. Такие явления называются инверсиями магнитного поля.

Магнитное поле формируется из мелкомасштабной компоненты, которая, в свою очередь, носит случайный характер. Ранее вопрос генерации магнитного поля на расстояниях порядка 10 кпк от центра галактики был исследован для различных, в том числе и стохастических, начальных условий [2]. Особый интерес представляет собой вопрос возможности генерации магнитного поля, а также формирования инверсий в более далеких областях галактик [3].

В данной работе исследовано формирование переходных слоев на расстояниях порядка 20 кпк с использованием начальных условий, приближенных к естественным, то есть носящим стохастический характер. Расширение расчетной области и необходимость перебора целого ряда начальных условий приводят к ряду трудностей, связанных у нехваткой вычислительной мощности. Для решения этой проблемы были использованы параллельные численные методы, используемые на видеокартах.

Литература:

1. Beck R. et al. ARAA, 1996, 34, 155
2. Moss D., Sokoloff D, AApTr, 2012, 27, 139
3. Mikhailov E. et al, A&A, 2014, 568, A66

Вячеслав Денисович Черносов (Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет))

Ортогональные интеримпульсные пульсары как тест закона эволюции

// Д.С. Загоруля, В.Д. Черносов, В.И. Цуркис, В.С. Бескин

Существующие в настоящее время две модели эволюции радиопульсаров (стандартная МГД модель, в которой угол наклона между магнитной осью и осью вращения стремится к нулю и БГИ модель, в которой угол наклона стремится к 90 градусам) дают сильно отличающиеся значения магнитного поля на магнитных полюсах нейтронной звезды для почти ортогональных ротаторов. Соответственно, для таких пульсаров существенно различной будет и оценка области генерации вторичной плазмы в пределах полярной шапки и, следовательно, возможность наблюдения интеримпульса от второго полюса пульсара. В этой работе уточняется область генерации вторичной плазмы для почти ортогональных пульсаров. Полученные результаты используются для анализа восьми интеримпульсных пульсаров, у которых были достаточно надежно определены углы наклона, что позволяет сделать утверждение о законе эволюции нейтронных звезд.

Ольга Николаевна Шолухова (ФГБУН Специальная астрофизическая обсерватория)

Поиск и исследование ячайших звезд в галактике IC342.
// О. Шолухова, Н. Тихонов, А. Саркисян, Ю. Соловьева, А. Винокуров

Представлена методика поиска ярких массивных звезд в галактиках за пределами Местной группы. Для поиска массивных звезд мы провели звездную фотометрию по изображениям космического телескопа Хаббла (HST) 320 галактик северного неба, расположенных на расстоянии менее 12 Мпк. По результатам фотометрии в 53 галактиках были обнаружены кандидаты в гипергиганты и другие классы массивных звезд. Проведены фотометрические и спектральные наблюдения нескольких десятков объектов в этих галактиках для поиска массивных звезд на 6-метровом телескопе БТА САО РАН и на 3.5-метровом телескопе Обсерватории Апаچی-Пойнт (Apache Point Observatory). Результаты таких поисков демонстрируются на примере галактики IC342. 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.

Владислав Юрьевич Юрченко (ФТИ им. Иоффе РАН)

Рождение пар при нейтрин-фотонных столкновениях в ранней Вселенной // В.Ю. Юрченко, А.В. Иванчик

Фотоны и нейтрино являются самыми распространёнными частицами в ранней Вселенной. При температурах фотонов и нейтрино сравнимых с массой электрона возможны процессы $\gamma + \nu \rightarrow \nu + e^- + e^+$. В представляемой работе вычисляется квадрат модуля амплитуды указанного процесса; решается кинетическое уравнение Больцмана для функции распределения электронных нейтрино с интегралом столкновения, обусловленным рассматриваемым процессом. Определяется отклонение функции распределения электронных реликтовых нейтрино от равновесной, обусловленное протеканием этого процесса.