



ИКИ РАН
hea19

АСТРОФИЗИКА
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

17 - 20 декабря 2019 года



**СБОРНИК
ТЕЗИСОВ**



ИКИ
ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
РАН



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всероссийская астрофизическая конференция

**АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА (НЕА-2019)**

17-20 декабря 2019 г.

проводится при финансовой поддержке:

Института Космических Исследований Российской Академии Наук
Минобрнауки РФ

Москва

2019

ТЕМАТИКА традиционно будет охватывать практически все разделы астрофизики высоких энергий и наблюдательной космологии. Особое внимание будет уделено обсуждению различных астрофизических проблем, представляющих интерес для обсерватории Спектр-Рентген-Гамма, а также первым результатам её наблюдений.

Конференция проводится отделом Астрофизики Высоких Энергий ИКИ РАН.

Программный комитет:

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

Организационный комитет:

М.Н. Павлинский (председатель), Г.А. Хорунжев (зам. председателя), Н.Л. Александрович, В.А. Арефьев, Р.А. Буренин, С.Д. Быков, И.А. Зазнобин, Д.И. Карасёв, Р.А. Кривонос, А.А. Кирпиченкова, Е.А. Кузнецова, Н.С. Лыскова, А.Р. Ляпин, П.С. Медведев, И.А. Мереминский, А.В. Мещеряков, С.В. Мольков, А.Ф. Рыбакова, А.В. Рябов, А.Н. Семена, А.Ю. Ткаченко, Е.В. Филиппова, И.И. Хабибуллин, И.В. Человеков, А.Е. Штыковский

Устные доклады

Александр Валерьевич Мещеряков (Институт космических исследований Российской академии наук)

SRGz: probabilistic photo-z measurements for X-ray sources in the SRG surveys // A.Meshcheryakov, V.Borisov, G.Khorungev (IKI)

We present empirical data-driven machine learning algorithms for identification optical counterparts of X-ray sources to be detected in the forthcoming SRG surveys and prediction their basic physical characteristics (such as spectral class and cosmological redshift) relying on photometric data from sky surveys (SDSS, WISE, Legacy Surveys, PanSTARRS, GAIA). The proposed methods will allow one to precisely identify optical counterpart for the majority of SRG sources and measure their photometric redshifts: photo-z point predictions together with confidence intervals and full probability distribution functions $P(z)$. Quality of photo-z predictions has been tested on spectroscopic samples of X-ray sources in the Stripe82X and XMM-XXL-N extragalactic fields.

Виктор Анатольевич Воропаев (ФГУ «ФИЦ Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»)

Наземные оптические наблюдения КА «Спектр-РГ» для баллистико-навигационного обеспечения миссии

// Воропаев В.А., Захваткин М.В., Аглетдинов В.В., Жорниченко А.А., Нови-
чонок А.О., Буренин Р.А., Еселевич М.В., Коробцев И.В., Бикмаев И.Ф., Хами-
тов И.М., Серебрянский А.В., Рева И.В., Румянцев В.В., Иванов А.Л., Эгамбер-
диев Ш.А., Н.Тунгалаг

Успешное выполнение научных задач проекта «Спектр-РГ» во многом определяется реализацией выбранной баллистической схемы полета, включающей в себя перелет и удержание аппарата на квази-периодической траектории в окрестности либрационной точки L2 системы «Солнце»-«Земля».

Баллистико-навигационное обеспечение (БНО) миссии КА «Спектр-РГ» использует в качестве траекторной информации радиотехнические измерения наклонной дальности и радиальной скорости, проводимые станциями в Медвежьих

Озерах (64 м, 12 м), Уссурийске (70 м) и Байконуре (12 м), а также угловые оптические измерения КА, получаемые отечественными и зарубежными телескопами с апертурой от 40 до 240 см. Одной из главных задач, решаемых привлечением оптических измерений, является выявление возможных систематических ошибок радиотехнических измерений и общее повышение надежности выполнения миссии при перелете и удержании КА в окрестности L2.

Уникальная ценность угловых оптических измерений для БНО полета КА «Спектр-РГ» заключается в получении информации о положении КА в плоскости, ортогональной линии визирования, — параметре, не наблюдаемом непосредственно при проведении стандартных радиотехнических измерений. Благодаря этому, оптические измерения позволяют контролировать систематические ошибки штатной радиотехнической системы X-диапазона и повышать точность навигации КА.

В докладе представлены результаты наблюдений КА, полученные сотрудниками международной сети оптических телескопов ИПМ, специалистами российских и зарубежных обсерваторий.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-51-44018

Matthew Graham (Калифорнийский Технологический Институт)

Zwicky Transient Facility (ZTF): обзор проекта
// Мэтью Грэхэм

Zwicky Transient Facility (ZTF) — это новый роботизированный обзор неба в оптическом диапазоне, использующий 48-дюймовый телескоп Шмидта на горе Паломар, Калифорния, США. Благодаря широкоугольной камере, обеспечивающей поле зрения в 47 квадратных градусов, ZTF способен посещать все видимое небо севернее -30 градусов склонения каждую ночь с использованием фильтров в полосах g, r и i. В докладе будут представлены обзор проекта и основные научные результаты за первые полтора года работы ZTF.

Дмитрий Андреевич Дуев (Калифорнийский Технологический Институт)

Zwicky Transient Facility (ZTF): экосистема и потоки данных // Дмитрий Андреевич Дуев (Научный сотрудник, Калифорнийский Технологический Институт, Пасадина, Калифорния, США)

Zwicky Transient Facility (ZTF) — это новый роботизированный обзор неба в оптическом диапазоне, использующий 48-дюймовый телескоп Шмидта на горе Паломар, Калифорния, США. Благодаря широкоугольной камере, обес-

печивающей поле зрения в 47 квадратных градусов, ZTF способен посещать все видимое небо севернее -30 градусов склонения каждую ночь с использованием фильтров в полосах g , r и i . В своём докладе я представлю «экосистему» данных ZTF, которая включает в себя системы обработки данных, систему генерации и распространения оповещений о транзитах (алертов), системы машинного обучения, базы данных и архивы данных, а также интерфейсы для доступа к данным и их анализа.

Peter Predehl (Max-Planck-Institut für extraterrestische Physik)

eROSITA on SRG - First results // Peter Predehl

On July 13, 2019 at 14:41 CEST the X-ray space observatory Spectrum-Roentgen-Gamma (SRG) was successfully launched from the Baikonur cosmodrome. It carries two X-ray telescopes, ART-XC, which was developed under the lead of the space research institute IKI, Moscow and eROSITA, which was developed and built by a consortium of German institutes under the direction of the Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) and with support from the German Space Agency at DLR.

Meanwhile (November 2019) SRG has reached the halo orbit around L2, 1,5 million kilometers from Earth. eROSITA is in its calibration and performance verification phase, and this early data confirm the excellent performance of the instrument. Starting in December, eROSITA will carry out eight complete X-ray surveys over the next four years, creating the first complete sky map in the medium X-ray range. At lower energies it will approximately 25 times more sensitive than the previous ROSAT mission. In addition it has much better spectroscopic capabilities.

The main scientific goal of eROSITA is to map the large scale structure of the universe and to find out how these structures grow in the course of cosmic time. Clusters of Galaxies which track this structure are filled with millions of degrees of hot plasma and can be detected directly by an X-ray telescope. eROSITA is designed to detect 100.000 clusters of galaxies to reconstruct also the history of their growth. This, in turn, will tell us about the amount and perhaps the nature of the enigmatic dark energy and dark matter.

Наталья Сергеевна Лыскова (Высшая школа экономики,
Институт космических исследований РАН)

*Функция гравитационных потенциалов скоплений
галактик как космологический инструмент*
// Н.Лыскова, Е.Чуразов, Б.Димер, А.Кравцов, А.Вихлинин

Как известно, скопления галактик широко используются для космологических исследований. В частности, число массивных скоплений на разных красных смещениях чрезвычайно чувствительно к свойствам Темной Энергии и к другим космологическим параметрам. В данной работе обсуждаются перспективы использования функции гравитационных потенциалов скопления в качестве инструмента для космологических тестов, а также точность измерения потенциалов из рентгеновских данных.

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

Успехи и проблемы прецизионной космологии
// А.В. Иванчик

Успешное развитие наблюдательной космологии привело не только к лучшему определению значений многих космологических параметров, но и позволило определить некоторые из них с процентной точностью, что, в свою очередь, позволило говорить об эре «прецизионной космологии». В докладе обсуждаются успехи прецизионной космологии и ее нерешенные, а так же вновь возникшие проблемы.

Сергей Андреевич Гребенев (Институт космических исследований РАН)

Понижение яркости космического рентгеновского и мягкого гамма-фона в направлении на скопления галактик // С.А. Гребенев (ИКИ РАН, Москва), Р.А. Сюняев (ИКИ РАН, Москва; МПА, Гархинг)

Комптоновское рассеяние на электронах горячего межгалактического газа в скоплениях галактик должно приводить к специфичным искажениям фонового рентгеновского и мягкого гамма-излучения — повышению его яркости при $E < 60-100$ кэВ и падению на более высоких энергиях. Искажения фона пропорциональны поверхностной плотности газа, в отличие от интенсивности его теплового излучения, пропорциональной квадрату плотности, что позволяет измерять параметры скопления. Форма спектра искажений фона и ее зависимость от температуры газа, оптической толщи, закона распределения поверхностной плотности исследованы с помощью расчетов методом Монте-Карло и подтверждены аналитическими оценками. В системе скопления максимум понижения фона из-за эффекта отдачи приходится на $\sim 500-600$ кэВ. Фотоионизация водородо- и гелиеподобных ионов железа и никеля приводит к дополнительным искажениям в спектре фона — сильной линии поглощения с порогом на ~ 9 кэВ (для холодных

скоплений — еще и к скачку поглощения на ~ 2 кэВ). В близких $z < 1$ скоплениях линия на ~ 2 кэВ может усиливаться поглощением в холодной ($\sim 10^6$ К) плазме периферийных областей, более того — от нее может отщепляться линия поглощения на ~ 1.3 кэВ. Красное смещение далеких скоплений сдвигает линии поглощения в спектре фона (на ~ 2 , ~ 9 и ~ 500 кэВ) к более низким энергиям. Таким образом, данный эффект в отличие от эффекта рассеяния микроволнового фонового излучения зависит от z скопления, но весьма специфичным образом.

Сергей Комаров (Институт космических исследований,
Institute of Astronomy (University of Cambridge))

Слабые ударные волны в присутствии теплового потока как способ определения характерных масштабов межгалактических магнитных полей и ограничения коэффициента теплопроводности. // Сергей Комаров

Активные ядра галактик в центрах скоплений испускают мощные релятивистские струи, что приводит к надуванию пузырей релятивистской плазмы и образованию слабых ударных волн. В идеальном газе такие волны примерно описываются моделью сферического взрыва Седова-Тейлора. Однако горячий газ скоплений галактик может обладать существенной теплопроводностью, при этом перенос тепла в нем осуществляется лишь вдоль силовых линий магнитного поля, т.е. является анизотропным. В этом случае фронт слабой ударной волны по мере ее распространения от центра скопления искажается, становясь более размытым там, где поле перпендикулярно фронту. Таким образом, степень искажения фронта слабых ударных волн может позволить оценить эффективность теплопереноса в скоплениях Девы и Персея, при этом характерный пространственный масштаб искажений будет соответствовать параллельной длине корреляции межгалактического магнитного поля.

Сергей Анатольевич Трушкин (Специальная
астрофизическая обсерватория РАН)

*Наблюдения импульсного излучения магнетара ХТЕ
J1810-197 во время вспышки в декабре 2018 года —
апреле 2019 года*

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

Представлены результаты измерений радиоимпульсов от транзиентного рентгеновского магнетара ХТЕ J1810-197 в наблюдениях с 19 декабря 2018 года на

РАТАН-600. После яркой рентгеновской вспышки 8 декабря 2018 года были детектированы слабые радиоимпульсы с периодом 5.54 секунды. Начиная с 19 декабря на РАТАН-600 мы обнаружили яркие импульсы на частотах 2.3, 4.7, 8.2 и 11.2 ГГц. Позже в режиме накопления излучения магнетара в фокусе антенны мы нашли, что 25 последовательных импульсов кардинально менялись. Далее мы использовали один из трех четырех-канальных радиометров на частоте 4.7 ГГц из программы поиска быстрых радиовсплесков. При временном разрешении 250 микросекунд и при полосе узких каналов 150 МГц субимпульсы каждой пульсации становятся уже по времени и ярче по потоку. Из анализа времен прихода импульсов мы подтвердили известную меру дисперсии $DM = 178$ пк/см³, хотя сами импульсы на 4.7 ГГц с полной длительностью около 200 мс включали от 1 до 15 субимпульсов шириной от 10 до 50 мс. Плотности потока самых ярких импульсов достигали 5 Ян и 2 Ян на 4.7 и 8.2 ГГц, то есть в течение всего цикла измерений магнетар ХТЕJ1809-197 оставался самым ярким радиопульсаром в Млечном пути. Постепенно средние потоки падали синхронно с рентгеновским излучением, и в мае 2019 года импульсы уже не детектировались.

Алексей Позаненко (Институт космических исследований)

*Гамма-всплески, регистрируемые после событий
LIGO/Virgo*

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

На основе поиска и наблюдения гамма- и оптических транзиентов, сопровождающих гравитационно-волновые события LIGO/Virgo слияния двойных компактных систем мы обсуждаем свойства гамма-всплесков, регистрируемых и тех, которые будут зарегистрированы в будущем. В частности, обсуждаем гамма-всплеск GRB 170817A, гамма-всплеск после слияния двойной системы нейтронных звезд S190425z и отсутствие регистрации каких-либо электромагнитных компонентов после слияния системы двойных черных дыр. В частности, приводим сравнительные параметры всплесков и оценки на потоки от возможных гамма-транзиентов после регистрации LIGO/Virgo слияния двойных черных дыр.

Игорь Владимирович Москаленко (Стэнфордский
Университет)

Гамма-телескоп Ферми: 33 тысячи обзоров неба

// Москаленко Игорь Владимирович

Гамма-телескоп Ферми был запущен на орбиту в июне 2008 г. За время непрерывных наблюдений было обнаружено более 5000 точечных и протяженных источников гамма-излучения в галактике Млечный Путь и за её пределами. В докладе будет рассказано о том, что мы узнали за

11 лет наблюдений телескопа Ферми, его открытиях и новых загадках.

Юрий Левин (Columbia University in the City of New York)

Звездотрясение как триггер глича Велы 2016 года
// Левин, Брансгроув, Белобородов

В 2016 году, Парфрейман и др. произвели детальные наблюдения импульсов, испускаемых пульсаром Вела в интервале времени, включающем в себя глич. В начале глича, наблюдается сильное возмущение магнитосферы Велы, вместе с краткосрочным исчезновением радиоимпульсов. В докладе обсуждается сценарий, объясняющий эти наблюдения.

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

Переменность излучения Крабовидной туманности в диапазоне высоких энергий.
// М.С. Пширков, Б.А. Низамов, А.М. Быков

В работе из данных наблюдений телескопа Fermi LAT в диапазоне энергий выше 100 МэВ были получены кривые блеска с недельным шагом протяжённостью более 10 лет (08.2008–02.2019) для Крабовидной туманности и пульсара в ней. Излучение пульсара оставалось стабильным все десять лет, туманность же демонстрировала переменность на различных интервалах времени, вплоть до минимального.

Кроме хорошо известных вспышек, в которых средненедельный поток вырастал в несколько раз, в кривой блеска туманности также хорошо заметны эпохи уменьшения потока. Более того, в отдельные недели поток туманности падал на порядок и результаты фита были статистически совместны с отсутствием излучения от неё.

Столь сильное уменьшение потока на таких коротких интервалах может служить указанием на то, что излучение на этих энергиях производится в ограниченной области с поперечником $\sim 10^{16}$ см, а не в большем объёме туманности. Такое поведение естественным образом может быть объяснено в модели, где синхротронное излучение возникает непосредственно в окрестности области ускорения в стоячей ударной волне пульсарного ветра, а переменность обусловлена флуктуациями магнитного поля в этой области (Vukob et al, 2012).

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

Пульсарные туманности с головными ударными волнами и особенности наблюдаемых спектров ГэВ-ТэВ позитронов // Быков А.М.

Многие пульсары рождаются со скоростями выше типичных скоростей звука в межзвездной среде. Синхротронные туманности, связанные с остановкой релятивистского ветра быстро движущихся пульсаров, имеют головные ударные волны. Обсуждаются особенности рентгеновских и УФ спектров таких пульсарных туманностей и их возможный вклад в «аномальные» отношения потоков позитронов и электронов с энергиями выше нескольких ГэВ, наблюдаемых магнитными спектрометрами PAMELA и AMS-02.

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

Эксперимент Конус-Винд — 25 лет в космосе

// Д. Фредерикс, Р. Аптекарь, С. Голенецкий, А. Лысенко, А. Ридная, Д. Свинкин, М. Уланов, А. Цветкова (все - ФТИ им. Иоффе РАН), Т. Клайн (NASA GSFC, emeritus).

Представлен краткий обзор результатов совместного российско-американского космического эксперимента Конус-Винд (KW), отмечающего в 2019 г. свое 25-летие. За время работы в эксперименте накоплен впечатляющий объем наблюдений космических гамма-всплесков (GRB), мягких гамма-репитеров (магнетаров) и других транзиентных источников жесткого рентгеновского и мягкого гамма-излучения. Специальное внимание уделено последним результатам эксперимента KW в области коротких и сверхдлинных гамма-всплесков, а также всестороннему исследованию свойств популяции GRB с известным красным смещением.

Валерий Фиалович Сулейманов (Institut für Astronomie und Astrophysik, Tuebingen Universität; Казанский Федеральный Университет)

Спектральная эволюция термоядерных вспышек на быстро вращающихся нейтронных звездах.

// В.Ф. Сулейманов, Ю. Поутанен, К. Werner

Нейтронные звезды (НЗ) в рентгеновских двойных маломассивных системах вращаются достаточно быстро (200-600 Гц) чтобы отклонение их формы от сферической и влияние эффекта Доплера на спектр выходящего излучения стали

заметны. Рассматривая НЗ в этих источниках как сферически симметричные невращающиеся объекты мы систематически завышаем их радиус. Здесь представлен приближенный метод, который позволяет учесть влияние быстрого вращения на определение масс и радиусов НЗ, получаемых по спектральной эволюции термоядерных вспышек на их поверхности. Заданием частоты вращения ν_* невращающаяся НЗ массой M и радиусом R трансформируется в приближенную модель вращающейся нейтронной звезды с изменившимися значениями массы M' и экваториального радиуса R_e . И уже для этой модели вращающейся НЗ и для заданного угла наклона оси вращения к лучу зрения i рассчитывается спектральная эволюция затухающей термоядерной вспышки, которая и сравнивается с наблюдениями. Таким образом, можно найти значения M и R невращающейся НЗ, которые обеспечивают наилучшее согласие с наблюдениями для заданной пары параметров ν_* , i . Показано, что радиус НЗ массой $1.5 M_\odot$ может быть максимально завышен на 3 - 3.5 км принимая $\nu_* = 700$ Гц если наблюдать ее с полюса вращения. Метод был применен к рентгеновской вспышке источника SAX J1810.8-2609 НЗ в котором вращается с частотой 532 Гц. Радиус НЗ соответствующий массе $1.5 M_\odot$ оказывается равным 11 ± 0.5 км при $i = 0^\circ$, и 12 ± 0.5 км при $i = 60^\circ$. Без учета вращения был получен радиус 12.2 ± 0.5 км.

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

Модельно-независимые ограничения на параметры сверхтекучести сверхплотного вещества из анализа остывания нейтронной звезды в остатке сверхновой Кассиопея А

// П.С. Штернин, Д.Д. Офенгейм, В. Хо, К. Хейнке, Д.Г. Яковлев, Д. Патнауде

Нейтронная звезда в центре молодого (330 лет) остатка сверхновой Кассиопея А, возможно, демонстрирует ускоренное остывание, не совместимое со стандартной теорией остывания нейтронных звёзд. Одним из объяснений такого поведения является сравнительно недавнее (ок. 100 лет назад) возникновение нейтронной сверхтекучести в ядре звезды, сопровождаемое всплеском нейтринного излучения [1]. В недавней работе [2] представлены новые данные обсерватории Чандра, охватывающие более 18 лет (2000-2018) наблюдений. Они демонстрируют продолжающееся остывание звезды с темпом понижения температуры $\sim 2.7\%$ за 10 лет.

В докладе построены модельно-независимые (применимые для широкого класса уравнений состояния и моделей сверхтекучести) аналитические аппроксимации мощности нейтринного излучения, связанного с куперовским спариванием нейтронов. Результаты применены к анализу новых данных наблюдений Кассиопеи А. Показано, что ограничения на максимальную критическую температуру сверхтекучего перехода в ядре звезды ($T_{Cn \max}^\infty = (5_{-0.5}^{+1.5}) \times 10^8$ К) слабо зависят от конкретного уравнения состояния или модели сверхтекучести. Данный вывод сохраняется и при существенно более слабом темпе остывания, предполагаемом

в ряде работ [3]. Также установлены ограничения на минимально возможную мощность нейтринного излучения при куперовском спаривании.

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-12-00133.

[1] Shternin et al. 2011, MNRAS, 412, L108; Page et al. 2011, PRL, 106, 08101;

[2] Wijngaarden et al. 2019, MNRAS, 484, 974; [3] Posselt, Pavlov 2018, ApJ, 864, 135.

Юрий Йормович Поутанен (Университет Турку / ИКИ РАН)

Миллисекундные пульсары как лаборатории сверхплотной материи // Юрий Йормович Поутанен

Я опишу текущее состояние моделирования атмосфер нейтронных звезд, вращающихся с миллисекундными периодами. Такие нейтронные звезды проявляют себя как аккрецирующие рентгеновские и радио миллисекундные пульсары. Форма профилей импульсов этих пульсаров определяется эффектами специальной и общей теории относительности и зависит, в том числе, от радиуса и массы нейтронной звезды. Таким образом, измерение профилей импульсов дает возможность получить ограничения на уравнение состояния холодной сверхплотной материи. В докладе будут описаны последние результаты, полученные детектором NICER на международной космической станции, а также предложены методы определения уравнения состояния с использованием данных о поляризации рентгеновского излучения, которая будет измерена телескопом IXPE в скором будущем.

Александр Андреевич Муштуков (Leiden Observatory; Пулковская обсерватория РАН)

Рентгеновские пульсары в очень низком состоянии светимости

// А.А. Муштуков, С.С. Цыганков, В.Ф. Сулейманов, В. Дорошенко

В результате недавних наблюдений нескольких рентгеновских пульсаров в очень низком состоянии светимости ($< 10^{35}$ эрг/с) обнаружилось, что спектр этих источников претерпевает координатные изменения. В спектре становятся явно различимы две компоненты, кроме того, в отдельных случаях обнаруживается циклотронная особенность. Мы предполагаем, что наблюдаемый спектр - это результат высвечивания и последующей магнитной комптонизации циклотронных фотонов в атмосфере нейтронной звезды. В своем докладе я коснусь как наблюдательной, так и теоретической стороны вопроса. Будет представлена теоретическая концепция формирования спектров рентгеновских пульсаров при очень низких темпах аккреции и продемонстрированы результаты соответствующих

численных расчетов переноса излучения в условиях сильных магнитных полей.

Екатерина Александровна Кузнецова (Институт
космических исследований Российской академии наук)

*Детальный анализ излучения остатка вспышки
сверхновой RX J1713.7-3946 при энергиях до 120 кэВ по
данным XMM-Newton, INTEGRAL и ART-XC*

// Екатерина Кузнецова, Роман Кривонос, Евгений Чуразов, Наталья Лыско-
ва, Александр Лутовинов, Михаил Павлинский

Мы представляем первый детальный анализ излучения остатка вспышки сверхновой RX J1713 в жестком рентгеновском диапазоне по данным обсерватории INTEGRAL. Впервые была получена морфология остатка вспышки сверхновой в энергетическом диапазоне с хорошей значимостью детектирования до 50 кэВ. Изображение RX J1713, полученное по данным 14-ти лет наблюдений телескопа с кодирующей апертурой IBIS, установленном на обсерватории INTEGRAL, демонстрирует два ярких протяженных источника излучения. Эти источники пространственно совпадают с Северо-Западной и Юго-Западной дугами RX J1713, которые наблюдаются на энергиях ниже 10 кэВ по данным XMM-Newton. Это указывает на единый механизм генерации излучения в мягком и жестком рентгеновских диапазонах. Спектр остатка вспышки сверхновой, извлеченный в диапазоне 17-120 кэВ, характеризуется степенным законом с фотонным индексом $\Gamma \sim 3$, что значительно мягче, чем $\Gamma \sim 2$, определенный по данным XMM-Newton до 10 кэВ. Такое различие фотонных индексов при разных энергетических диапазонах находится в согласии с аналитической моделью излучения электронов, ускоренных на нерелятивистской ударной волне молодого остатка вспышки сверхновой. **Кроме того, в докладе будет представлено предварительное изображение RX J1713 по данным наблюдений телескопа ART-XC обсерватории SRG в энергетическом диапазоне 4-12 кэВ.**

Юрий Александрович Уваров (Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН)

Рентгеновская поляриметрия остатков сверхновых
// А.М. Быков, Ю.А. Уваров

В рентгеновской астрономии ожидается переход на качественно новый уровень, связанный с возможностью наблюдения наряду со спектрами излучения и изображениями астрофизических объектов также карт поляризации их излучения. Что станет возможным после реализации проектов орбитальных рентгеновских

поляриметров нового поколения, таких как IXPE, eXTP и IXO, обладающих хорошей чувствительностью и угловым разрешением. Эти приборы являются идеальными кандидатами на изучение структуры магнитного поля в источниках синхротронного рентгеновского излучения включая остатки сверхновых (ОСН) и джеты компактных аккрецирующих объектов. Современные модели молодых ОСН предсказывают наличие турбулентного магнитного поля в оболочках сверхновых. Турбулентная компонента магнитного поля в окрестности фронта ударной волны (УВ) должна быть достаточно сильной, чтобы обеспечить работу диффузионного механизма ускорения частиц. На структуру поля вблизи фронта влияют различные процессы, в число которых входят как сжатие на ударной волне, так и взаимодействие МГД волн и каскадные процессы. Эти процессы могут приводить к формированию существенно анизотропной конфигурации магнитного поля. Мы построили модельные карты интенсивности и поляризации излучения ОСН, на основании которых с использованием пакета XIMPOL протестировали наблюдательные возможности планирующихся рентгеновских поляриметров. Мы показали, что 2 Мс экспозиции должно быть достаточно для детектирования поляризации от ОСН типа Тихо с достаточной значимостью поляриметром IXPE в случае умеренной анизотропии турбулентного магнитного поля за фронтом УВ.

Роман Рафиков (University of Cambridge)

Звездные скопления как фабрики источников гравитационно-волновых событий LIGO/Virgo
// Роман Рафиков

Открытие гравитационно-волновых событий детекторами LIGO/Virgo естественным образом стимулировало поиск механизмов образования компактных двойных систем релятивистских объектов (NS-NS, BH-NS, BH-BH), способных сливаться за время жизни Вселенной. Звездные скопления с высокой плотностью — шаровые скопления и звездные скопления в центрах галактик — представляют собой системы, в которых такие двойные могут образовываться с высокой эффективностью. В докладе будут описаны различные механизмы образования и орбитальной эволюции релятивистских двойных систем в скоплениях — близкие сближения со звездами, взаимодействие с центральной сверхмассивной черной дырой, механизм Лидова-Козаи. Также будет предложен новый механизм «сжатия» таких двойных, основанный их на вековой (секулярной) эволюции, вызванной приливным полем самого скопления, и получены оценки частоты слияний таких двойных в локальной Вселенной.

Лидия Михайловна Оскинова (Потсдамский Университет)

Звезды в рентгене: какими их увидит телескоп SRG/eRosita в ходе обзора всего неба // Лидия Оскинова

Обзор всего неба в рентгеновском диапазоне телескопом СРГ/еРозита станет важной интегральной частью современной астрофизики. Звёзды практически всех спектральных типов являются рентгеновскими источниками. Помимо вклада в развитие теории, вкупе с наблюдениями в инфракрасном диапазоне, СРГ/еРозита даст возможность получить целостную картину звездообразования в окосолнечной области Галактики. Мы ожидаем измерить рентгеновские потоки от звёзд типа Т Тельца различных под-типов, а также молодых звёзд которые приближаются к главной последовательности. Особенно важным будет вклад СРГ/еРозиты в определении рентгеновских потоков от звезд в планетарных системах, как уже известных, так и тех, которые будут открыты в будущем. Астрометрические каталоги обсерватории Гайя и космические телескопы, которые охотятся за планетами, обеспечат поддержку СРГ/еРозиты в этой области. СРГ/еРозита внесет неоценимый вклад также и в астрофизику массивных звёзд - мы впервые получим полный рентгеновский каталог массивных звёзд в радиусе 2 кпс. СРГ/еРозита внесет вклад в обнаружение объектов на поздних стадиях эволюции, таких как, например, планетарные туманности, массивные белые карлики и массивные звёзды с дисками. В этом докладе, я коротко обозначу основные ожидаемые результаты обзора, и также предложу пути для новых открытий в рентгеновской звёздной астрофизике.

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

*Слияния планет со звездами и сопутствующие
транзиенты*

// А.В. Попков (МФТИ, АКЦ ФИАН), С.Б. Попов (ГАИШ МГУ)

В ближайшем будущем к списку наблюдаемых транзиентных явлений добавятся слияния планет со звездами. Такие события сопровождаются мощным энерговыделением (в том числе в УФ и, возможно, мягком рентгеновском диапазоне) и по некоторым параметрам близки к вспышкам новых. Темп таких слияний является довольно неопределенным. Мы проводим детальное популяционное моделирование с целью расчета темпа слияния различных типов планет и звезд. Поглощение планет красными гигантами происходит раз в несколько лет на галактику, однако такие события не сопровождаются заметными транзиентами. Слияния со звездами Главной последовательности, приводящие к заметным транзиентам, происходят примерно раз в >70 лет в галактике, подобной нашей. Самые яркие вспышки, вызываемые слияниями массивных планет, имеют светимость $10^{37.5} - 10^{38}$ эрг/с и происходят в несколько раз реже.

Евгений Александрович Васильев (Физический институт Академии наук)

Исследование звёздных скоплений с помощью Gaia

// Е.Васильев

Астрометрические данные со спутника Gaia позволяют изучать звёздные скопления в нашей Галактике с беспрецедентной точностью и детальностью. Собственные движения центров масс шаровых скоплений измеряются с погрешностью 0.05 км/с (с учётом систематических ошибок). Анализ распределения шаровых скоплений выявляет существенную радиальную анизотропию в пространстве скоростей во внешних областях Галактики и несколько групп в пространстве интегралов движения. При использовании кинематики шаровых скоплений для моделирования потенциала Галактики, предпочтительные значения круговой скорости находятся в диапазоне 200-240 км/с в интервале радиусов 10-100 кпс. Данные Gaia также пригодны для исследования внутренних движений звёзд в достаточно богатых шаровых скоплениях, находящихся на расстояниях до 10-15 кпс. Измерение профилей вращения и дисперсии скоростей по собственным движениям хорошо согласуются с аналогичными данными по лучевым скоростям из других работ.

Лена Мурчигова (Institute for Advanced Study)

Черная дыра в центре Млечного Пути и ее аккреционный поток: холодный газ на расстоянии 10 000 шваршилльдовских радиусов.

Будучи самой близкой к нам сверхмассивной черной дырой, черная дыра в центре нашей галактики и поведение аккреционного потока вокруг нее по-прежнему хранят ряд загадок. Нам доподлинно неизвестно распределение плотности и температуры с радиусом, скорость и направление вращения и даже существование аккреционного диска как такового. В этом докладе я расскажу о недавнем открытии относительно холодного 10^4 К газового диска на расстоянии 10 000 шваршилльдовских радиусов в миллиметровой рекомбинационной спектральной линии водорода и как этот новый результат дополняет наши знания о поведении черной дыры.

Ильдар Хабибуллин (ИКИ РАН)

*Молекулярный газ с центре Галактики в свете рентгеновских вспышек Sgr A**

// Ильдар Хабибуллин, Евгений Чуразов, Рашид Сюняев, Кристоф Федерас, Даниель Зайфрид, Стеффи Вальх

Отражение коротких вспышек рентгеновского излучения Sgr A* на молекулярных облаках в Центре Галактики позволяет не только восстановить историю активности нашей СМЧД, но и исследовать свойства облучаемого молекулярного газа, распределение его плотности и поле скоростей. Используя данные численного моделирования молекулярных облаков, мы обсуждаем методы и перспективы таких диагностик в контексте характеристик сверхзвуковой турбулентности и глобальных свойств межзвездной среды в Центральной Молекулярной Зоне. Амбициозные программы рентгеновских наблюдений текущими и будущими обсерваториями позволят полностью использовать их потенциал и помочь в построении картины массивного звездообразования, подпитки и обратной связи СМЧД в центре нашей Галактики.

Алексей Валерьевич Моисеев (Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук)

Карликовые галактики и межзвездная среда в группе Месье 81 // Моисеев А.В., Егоров О.В., Опарин Д.В.

Соседняя группа галактик М81 очень богата газом, причем около трети всего нейтрального водорода распределено в межгалактической среде, включая приливные структуры. Такое обилие холодного газа приводит к тому, что в карликовых галактиках группы наблюдается достаточно активное звездообразование. Разные условия захвата газа и параметров галактик приводят к многообразию наблюдаемых проявлений воздействия молодых звездных группировок на межзвездную среду. Отдельные члены группы могут рассматриваться как ближайшие прототипы более удаленных объектов: галактический ветер в М82, приливная карликовая галактика Гирлянда, гигантские сверхболочки в Холмберг II и т.д. Свежие данные радионаблюдений нейтрального водорода в группе, полученные в последние годы, требуют новой информации о состоянии межгалактической и межзвездной среды в других диапазонах. В докладе мы обсуждаем результаты наших исследований кинематики, морфологии, ионизационного состояния теплой межзвездной среды в галактиках группы, полученные по наблюдениям оптических эмиссионных линий на 6-м телескопе САО РАН и 2.5-м телескопе ГАИШ МГУ. Речь идет как об уже опубликованных работах, так и о новых наблюдениях галактик NGC 3077, М82 и др. Также обсуждаются перспективы изучения распределения горячего газа в группе М81 в рамках рентгеновского обзора СРГ/eROSITA.

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

Наблюдения рентгеновских двойных систем на

Кавказской Горной обсерватории ГАИШ МГУ

// А.М. Черепашук

Представлены результаты оптических и ИК наблюдений ряда массивных и маломассивных рентгеновских двойных систем, выполненных на 2.5-метровом телескопе КГО ГАИШ МГУ. Изучены объекты SS433 и CygX-3, а также рентгеновские новые в спокойном состоянии AO620-00 и XTEJ118+480. Определены параметры систем и изучены различные виды их физической переменности. В частности, построены спектры незвездной компоненты излучения в рентгеновских новых и показано, что даже в спокойном состоянии, эти системы демонстрируют значительную активность.

Лев Рафаилович Юнгельсон (Институт астрономии РАН)

Модель популяции ультраярких рентгеновских источников.

// Л.Р. Юнгельсон (ИНАСАН), К.А. Постнов (ГАИШ), А.Г. Куранов (ГАИШ)

Построена модель популяции ультраярких источников рентгеновского излучения в галактике типа Млечного Пути. Для моделирования совместно использованы популяционный синтез и эволюционные расчеты. Рассмотрены источники с аккреторами — нейтронными звездами (NSULX) и черными дырами (BHULX). При моделировании NSULX впервые учтены наличие магнитного поля у нейтронных звезд и его эволюция. Для популяции NSULX рассмотрена связь периодов вращения нейтронных звезд, орбитальных периодов и светимости источников. Проведено сравнение с данными наблюдений.

Роман Александрович Кривонос (Институт Космических Исследований РАН)

Популяция рентгеновских двойных систем в центре Галактики

Многолетние наблюдения центра Галактики в рентгеновском диапазоне открывают новую картину звездного населения этой густонаселенной области. В данном обзоре будут представлены недавние исследования области СМЧД Стрелец А* используя сверхглубокие наблюдения обсерваторий Чандра, Свифт и НуСТАР. (1) Анализ рентгеновских спектров более ста источников на расстоянии меньше 5 парсек от Стрельца А* выявил 13 нетепловых рентгеновских источников «центрального парсека», спектральные и временные характеристики которых указывают на популяцию «тихих» рентгеновских двойных с нейтронными звездами (НЗ) или черными дырами (ЧД). Пространственное распределение 16 нетепловых источников (кандидатов в ЧД) согласуется с центральным звездным скоплением (nuclear stellar cluster), что подтверждает теоретические предсказания

о формировании двойных систем в непосредственном окружении Стрельца А*.
 (2) Многолетний мониторинг центра Галактики в радиусе 30 пк от Стрельца А* позволил обнаружить около 20 транзиентов, включая «очень слабые транзиенты» и рентгеновские двойные с НЗ и ЧД. (3) Протяженное излучение Стрельца А* размером 10 пк, открытое НуСТАРОм, указывает на популяцию белых карликов с массой 0.9 масс Солнца. (4) Обзор НуСТАРА центральной части Галактики на расстоянии нескольких парсек от Стрельца А* обнаружил популяцию промежуточных поляров с температурой 20-40 кэВ. (5) Измерение рентгеновского фона в галактическом балдже указывает на популяцию карликовых новых с характерной температурой излучения 8 кэВ. Эти и другие результаты наблюдений центральной части Галактики будут представлены в докладе.

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

О природе 35-дневного цикла в HZ Her/Her X-1. Новые результаты. // Н. И. Шакура, Д. А. Колесников, К. А. Постнов, И. М. Волков, И. Ф. Бикмаев, Т. Р. Ирсамбетова, Р. Штауберт, Й. Вилмс, Е. Иртуганов, П. Шурыгин, П. Ю. Гольшева, С. Ю. Шугаров, И. В. Николенко, Е. М. Трунковский, Г. Шонгерр, А. Швопе, Д. Клочков

Проведено моделирование в фильтрах В и V оптических орбитальных кривых блеска HZ Her/Her X-1 с фазой 35-дневного цикла в рамках модели, содержащей наклонный к орбитальной плоскости, изогнутый, прецессирующий аккреционный диск и свободно прецессирующую нейтронную звезду. Прецессия диска происходит в направлении против орбитального движения и определяется суммарным воздействием момента приливных сил со стороны донора и момента сил, связанных с динамическим действием газовых струй, истекающих со стороны донора. В ходе свободной прецессии нейтронной звезды меняются условия прогрева поверхности звезды-донора. В общем случае струи истекают не в орбитальной плоскости двойной системы. Их динамическое действие влияет на прецессию диска, поэтому в такой системе должна происходить синхронизация периода свободной прецессии нейтронной звезды и периода прецессии диска.

Виктор Дорошенко (Institut fuer Astronomie und
 Astrophysik, Universitaet Tuebingen)

Горячий диск Swift J0243.6+6124

// В. Дорошенко, Ш.Н. Жанг, А. Сантанжело, Л. Жи, С. Цыганков, А. Муштуков и коллаборация НХМТ

Первая вспышка Ве-транзиента Swift J0243.6+6124 стала ярким событием на рентгеновском небе в 2017г. Пиковая светимость этого нового рентгеновского

пульсара достигла $\sim 10^{39}$ эрг/с при наблюдаемом потоке ~ 9 краб, что делает его первым пульсирующим ультраярким рентгеновским источником (pULX) в нашей галактике и идеальным объектом для изучения сверхкритической аккреции на замагниченную нейтронную звезду. В докладе представлены результаты наблюдений объекта с использованием телескопов Insight-HXMT и NuSTAR, которые позволили обнаружить радикальное изменение структуры аккреционного диска при светимостях $\sim 5 \times 10^{38}$ эрг/с. Анализ спектральных и временных свойств объекта указывает на то что наблюдаемые изменения связаны с переходом внутренних частей диска в радиационно-доминированное состояние. Для замагниченной нейтронной звезды подобный переход, как и продолжающаяся аккреция при темпах аккреции соответствующих светимости $\sim 10^{34}$ эрг/с обнаруженная NuSTAR, возможны только для относительно слабо слабых полей $\sim 10^{12}$ Гаусс, типичных для рентгеновских пульсаров. Полученный результат иллюстрирует принципиальную возможность достижения наблюдаемых светимостей ультраярких источников без необходимости привлечения магнитных полей и подтверждает существование радиационно номинированных дисков в ультраярких источниках.

Александр Чеховской (Northwestern University)

Моделирование наклонной аккреции на черные дыры
// Александр Чеховской

Черные дыры ответственны за широкий спектр астрофизических явлений. Они пожирают звезды, выбрасывают релятивистские джеты, влияют на формирование звезд и эволюцию галактик и обогащают вселенную тяжелыми элементами. Во многих из этих ситуаций ось углового момента падающего газа в некоторой степени наклонена относительно оси черной дыры. Особенно плохо изучена физика ярких наклонных аккреционных потоков, таких как те, которые питают активные галактики, или квазары. Такие диски очень тонкие, с отношением толщины к радиусу, $h/r \sim 0,01$, что делает их моделирование давней вычислительной проблемой. Я представлю результаты моделирования самых тонких на сегодняшний день дисков с $h/r \sim 0,015 - 0,03$, с учетом эффектов магнитных полей и общей теории относительности на динамику диска. Я покажу, что вопреки ожиданиям, такие диски разрываются на несколько отдельных прецессирующих субдисков, трансформируя стандартную картину роста черных дыр. Я завершу доклад обсуждением наблюдательных и физических последствий разрыва диска.

Юрий Юрьевич Ковалев (Физический институт им. П.Н. Лебедева)

Открытие изменения геометрии джетов в близких активных галактиках // Ю.Ю. Ковалев, А.Б. Пушкарев, Е.Е. Нохрина, А.В. Плавин, В.С. Бескин, А. Черноглазов, M.L. Lister, T. Savolainen

Исследования наблюдаемой коллимации в струях активных галактик (AGN) являются ключом к пониманию процессов их образования и ускорения. Мы провели автоматический поиск источников с меняющейся формой выброса по РСДБ изображениям 367 AGN на длине волны 2 см и 22 см. В результате поиска обнаружены 10 объектов с красным смещением $z < 0.07$, показывающие признаки перехода параболической формы джета в коническую. При этом в исследованной полной выборке преобладают далекие AGN с типичным $z=1$. Мы делаем вывод, что это изменение формы выброса может быть типичным в струях AGN. Однако наблюдается оно только при достижении необходимого линейного разрешения. Дополняя эти результаты ранее полученными данными других авторов для еще двух галактик, мы оцениваем, что излом обычно происходит на расстоянии от 10^5 до 10^6 гравитационных радиусов от ядра. Мы предполагаем, что изменение геометрии выброса происходит, когда плотность кинетической энергии плазмы становится равной плотности энергии магнитного поля. При этом давление окружающей среды обусловлено аккрецией Бонди. Наши модельные предсказания относительно ускорения струй и свойств области излома подтверждаются наблюдениями.

Lev Grigory Titarchuk (FIAN, ASC, AN Russia)

Spectral Index-Mass Accretion Rate Correlation and Evaluation of Black Hole Masses in AGNs 3C 454.3 and M87 // Elena Seifina, Alexandre Chekhtman, Indira Ocampo

We present a discovery of the correlations between the photon index, Gamma and \dot{M} observed in AGNs. 3C 454.3 and M87. We analyze spectral transition observed in these AGNs using Chandra, Swift, Suzaku, BeppoSAX, ASCA and RXTE data. We apply a scaling technique for a BH mass evaluation which uses a correlation between the Gamma and normalization of the seed component proportional \dot{M} . We develop an analytical model that shows the Gamma of the X-ray spectrum undergoes an evolution from lower to higher values depending on a \dot{M} . To estimate a BH mass in 3C 454.3 we consider SMBHs, NGC 4051 and NGC 7469 as well as BHs Cyg X-1 and GRO J1550 as reference sources for which distances, inclination angles and the BH masses have been already evaluated. While for M87, we provide the BH mass scaling using IMBHs: ESO 243-49 HLX-1 and M 101 ULX-1 and Galactic BHs: XTE J1550, 4U 1630, GRS 1915 and H 1743) as reference sources. Application of the scaling technique for the Gamma vs. \dot{M} correlation provides estimates of the BH masses in 3C 454 and M87 to be about 3.4×10^9 and $5.6 \times 10^7 M_{\odot}$, respectively. We also compared our scaling BH masses with a recent BH mass estimate, $M_{87} = 6.5 \times 10^9 M_{\odot}$ using Event Horizon Telescope, EHT which gives an image at 1.3 mm and based on the angular size of “BH event horizon”. Thus our result for a BH mass estimate in M87 gives a much lower BH mass, at least of two orders of magnitude less than that made by the EHT team.

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

Молекулярный и нейтральный водород вблизи квазаров с большими красными смещениями // С.А. Балашев

В докладе представлены последние результаты изучения абсорбционных систем нейтрального и молекулярного водорода, находящихся в непосредственной близости с квазарами. Используя каталог спектров квазаров SDSS DR14, мы надёжно идентифицировали порядка 100 систем H₂ с красными смещениями $z_{abs} \approx z_{qso} > 2.5$, и показали, что вблизи квазаров частота идентификации систем молекулярного увеличивается как минимум в 5 раз. В примерно половине идентифицированных систем H₂, в центре насыщенной абсорбционной линии H₁ Ly α , ассоциированной с H₂, мы надёжно идентифицируем эмиссионную линию Ly α . Это указывает на то, что размер областей вблизи квазара, излучающих в линии Ly α , больше, чем характерные размеры идентифицируемых абсорбционных систем. Присутствие молекулярного водорода в абсорбционных системах может быть использовано для диагностики физических условий в среде. Теоретическое описание H₁-H₂ перехода, а также выполненный нами анализ нескольких таких систем в спектрах высокого разрешения, указывают на то, что большинство этих систем образуется в галактиках, ассоциированных с квазаром, и находящихся на расстояниях > 100 кпк от родительской галактики квазара. Работа поддержана грантом РФФИ 18-72-00110.

Олег Михайлович Смирнов (Университет Роудз)

Радиотелескоп MeerKAT: описание, технические характеристики и первые результаты

// Смирнов Олег Михайлович

Радиотелескоп MeerKAT был разработан и построен в ЮАР в качестве предвестника мегателескопа SKA. MeerKAT — это радиоинтерферометр с максимальной базой 8 км, работающий по принципу апертурного синтеза. Телескоп состоит из 64 элементов-рефлекторов диаметром 13.5 м, построенных по (достаточно необычной) смещенной грегорианской схеме. MeerKAT оборудован приемниками в диапазонах 580 MHz – 1015 МГц (UHF), 900 MHz – 1670 МГц (L-band) и 1750 MHz – 3500 МГц (S-band). На сегодняшний день MeerKAT является самым чувствительным и мощным радиотелескопом в Южном полушарии. При участии Германии планируется расширение интерферометра (т.н. D-MeerKAT) до 84 элементов и максимальной базы 20 км. Наблюдения в полноценном режиме (60+ элементов) ведутся с начала 2018 г., в начале 2019 г. был проведен первый открытый конкурс заявок. Я расскажу о характеристиках телескопа и специфике работы с ним, а также продемонстрирую наиболее интересные результаты наблюдений.

Андрей Белобородов (Columbia University)

Магнитные вспышки в компактных объектах

// Белобородов Андрей

Высвобождение магнитной энергии производит мощное рентгеновское излучение в аккрецирующих чёрных дырах, джэтах, и магнитосферах нейтронных звёзд. Магнитные вспышки происходят в результате двух процессов: магнитное пересоединение и развитие диссипативного турбулентного каскада. Современные численные эксперименты демонстрируют оба механизма из первых принципов, на кинетическом уровне. В компактных объектах, где плотность энергии излучения велика, диссипативные процессы происходят особенным образом. Быстрые радиационные потери одновременно подавляют генерацию высоко энергичных частиц и производят большое число охлаждённых электронно-позитронных пар. Магнитное поле «полощет» прохладную плазму в поле излучения, и таким образом магнитная энергия передаётся наблюдаемым фотонам через Комптоновское рассеяние. Такие радиационно-доминированные магнитные вспышки объясняют наблюдаемые спектры чёрных дыр в жёстком состоянии. Подобный процесс должен происходить в совсем экстремальных явлениях — гигантских вспышках на магнитарах, космологических гамма-всплесках, и сливающихся нейтронных звёздах.

Maxim Lyutikov (Purdue University)

Физические параметры Быстрых Радио

Всплесков/Physical constraints at Fast Radio Bursts

// Maxim Lyutikov

Наблюдаемые свойства Быстрых Радио Всплесков (продолжительность, поток энергии, частотный дрейф) последовательно указывают на магнитосферы нейтронных звезд как место происхождения. Супер-гигантские импульсы подобные пульсару в Крабовидной туманности исключены. Требуемые условия на магнитные поля и плотность энергии плазмы могут быть выполнены в магнитарной парадигме.

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

Электромагнитные явления при слиянии двойных черных дыр с нейтронными звездами

// Постнов К.А., Куранов А.Г., Симкин И.В.

Рассматриваются возможные модели генерации электромагнитного излучения при слиянии двойных нейтронных звезд в паре с черными дырами. Рассчитываются массы остаточного диска вокруг черной дыры при слиянии нейтронных звезд и черных дыр с учетом уравнения состояния нейтронных звезд и вращения компонент двойной системы перед слиянием. Параметры двойных систем перед слиянием (отношение масс, вращение компонент, магнитное поле нейтронной звезды) рассчитаны методом популяционного синтеза. Полученная масса остаточного диска вокруг черной дыры после слияния использована для оценки кинетической энергии релятивистского джета, запущенного механизмом Блэнфорд–Знаека. Показано, что масса диска более $\sim 0.05 M_{\odot}$, требуемая для образования коротких гамма-всплесков, получается не более чем в 1–10% слияний (в зависимости от уравнения состояния). Менее эффективные общие оболочки (большой параметр α_{CE}) приводят к заметно большему проценту событий с астрофизически интересным ЭМ энерговыделением. Для систем с большим отношением масс, в которых замагниченная нейтронная звезда не подвергается приливному разрушению перед слиянием, рассматривается возможность образования электрически заряженной вращающейся черной дыры (заряд Уолда), и сделаны оценки максимальной ЭМ мощности, выделяемой такой ЧД после слияния. Обсуждается конверсия излучаемых гравитационных волн в электромагнитные в релятивистской лептонной плазме, генерируемой в сливающихся системах типа пульсар – черная дыра на стадии до слияния.

Михаил Медведев (Канзасский Унив. и Массачусеттс.
Технолог. Инст.)

Формирование степенного спектра ускоренных частиц в релятивистской турбулентности // Михаил Медведев (Университет Канзаса) Александр Филиппов (Флэтайрон Институт)

Проблема ускорения частиц турбулентностью в астрофизических объектах, таких как пульсарные ветры, релятивистские струи и др., имеет фундаментальное значение в астрофизике высоких энергий. Кинетическое (PIC) моделирование релятивистской турбулентности в электрон-позитронной плазме демонстрирует устойчивое формирование распределения частиц по энергии с законом γ^{-3} . Мы аналитически покажем, что этот результат может быть объяснен как эффект ускорения Ферми второго порядка связанным с рассеянием частиц в крупномасштабных магнитных полях, тогда как ускорение в структурах кинетического масштаба, таких как токовые слои, не имеет существенного эффекта. Таким образом, вездесущий закон «-3» является неизбежным результатом и простым следствием рассеяния частиц электромагнитными полями, описываемого чисто магнитогидродинамической релятивистской турбулентностью, и не дает никакой информации о динамике плазмы в кинетических масштабах. Наши предсказания о долгосрочной эволюции распределения частиц можно проверить с помощью будущих моделирований.

Евгений Владимирович Деришев (Институт прикладной физики РАН)

О возможных режимах синхротронного и обратного комптоновского излучения // Е.В. Деришев

Синхротронный механизм излучения, в принципе, всегда комбинируется с комптонизацией высокоэнергичными электронами своего собственного синхротронного излучения. В ряде случаев (например для блазаров и источников гамма-всплесков) комптоновская компонента излучения сопоставима по мощности с синхротронной. Недавние наблюдения гамма-всплесков в ТэВ-ном диапазоне указывают на то, что (1) само-комптоновское излучение почти одинаковой мощности с синхротронным, (2) комптонизация происходит в режиме, переходном между томсоновским и клейн-нишиновским, и (3) оптическая толщина по двухфотонному самопоглощению комптоновского излучения не мала. Соответствующая область параметров расположена на стыке различных режимов синхротронного и само-комптоновского излучения, что затрудняет аналитическое описание. В докладе рассматриваются некоторые возможные режимы и приводятся результаты численного моделирования, позволяющие качественно понять поведение источников, чьи параметры соответствуют промежуточным режимам.

Стендовые доклады

Francisco Melazzini (Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences)

A clumpy torus model for the X-ray spectra of active galactic nuclei // Melazzini, Sazonov (IKI)

One of the key elements of the internal structure of AGN is the obscuring torus. The geometric and physical properties of such tori remain poorly known, although it is widely believed that they have a clumpy structure. Valuable information on the torus's structure is encoded in the X-ray spectral and timing properties of AGN. We are developing a Monte-Carlo model for the propagation of X-rays from the AGN central source in the surrounding clumpy torus. Here we present the main features of this model and the first results of our simulations.

Вадим Юрьевич Абрамкин (Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе)

Измерение движения фронта головной ударной волны, образованной пульсаром B1951+32, по результатам оптических наблюдений на 8-м телескопе Gemini North и HST // Абрамкин В. Ю., Шибанов Ю. А., Зюзин Д. А., Павлов Г. Г.

Мы измерили собственное движение яркой арочной структуры, видимой в эмиссионной линии O[III] в остатке сверхновой CTB-80, впереди пульсара B1951+32. Для этого мы использовали глубокие оптические изображения ядра остатка, полученные на телескопе Gemini North в 2016 г., и архивные данные Хаббловского Космического Телескопа 1997 г. Благодаря высокоточной астрометрии с использованием данных обсерватории GAIA, нам удалось напрямую измерить сдвиг арочной структуры за время между наблюдениями, который оказался приблизительно равным 0.5", что сравнимо с собственным движением пульсара за это время, известным из радионаблюдений. Это является сильным аргументом в пользу того, что данная структура является ударной волной, созданной пульсаром, движущимся в окружающей среде со сверхзвуковой или околосвуковой скоростью.

Артур Левонович Авакян (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова)

Моделирование эволюции двойной системы 4U 1543-47 с учетом теплового ветра во время вспышки 2002 года.

// А. Л. Авакян, К. Л. Маланчев, Г. В. Липунова.

Современные оптические и рентгеновские спектры высокого разрешения, получаемые при наблюдении вспышек рентгеновских транзиентов, указывают на существование ветра от аккреционных дисков. Темпы потери вещества в ветре оцениваются на уровне и больше, чем темпы аккреции на центральный объект. Такой ветер неизбежно оказывает влияние на динамику вспышки и его необходимо учитывать при моделировании параметров диска. Одним из главных является параметр α , характеризующий темп передачи момента импульса в вязком аккреционном диске. В статье Lipunova & Malanchev(2017) была исследована эволюция вспышки 2002 года в двойной системе с черной дырой 4U 1543-47. Согласно работе, анализ кривой блеска данной вспышки показывает, что параметр α лежит в диапазоне 1.2 – 1.3 для $M_x = 9.4M_\odot$, $a_{Kerr} = 0.4$. Нами была разработана новая модель нестационарной дисковой аккреции на черную дыру, которая учитывает влияние теплового ветра, истекающего с поверхности диска. Ветер, унося момент импульса из диска, уменьшает роль вязкости в эволюции аккреционного диска, снижая оценку параметра α . С помощью модели было проведено фитирование вспышки рентгеновской новой 4U 1543-47 2002 года, что привело к изменению параметра α практически в два раза (0.6-0.7)

Никита Алексеевич Авдеев (Московский Государственный Университет им. Ломоносова, физический факультет)

Проверка гибридной $f(R)$ -гравитации на основании данных от системы PSR J1903+0327 и других систем с пульсаром // Авдеев Н.А., Дядина П.И., Лабазова С.П.

В данной работе мы протестировали гибридную $f(R)$ -гравитацию на двойных системах с пульсаром. Гибридную $f(R)$ -гравитацию можно представить в виде скалярно-тензорной теории, введя эффективное скалярное поле. В данной работе мы показываем, как, используя данные полученные от двойных систем с пульсаром, можно получить ограничения на параметры $f(R)$ -гравитации, а именно: массу эффективного скалярного поля и фоновое значение скалярного поля. Мы также показали, насколько будут отличаться массы компонентов двойной систем с пульсаром, посчитанные в случае ОТО и $f(R)$ -гравитации.

Денис Алексеевич Байко (Физико-Технический институт им. Иоффе)

Квантовая термодинамика ионов в жидких недрах белых карликов // Д.А. Байко и Д.Г. Яковлев

Энергия квантовой сильно-неидеальной ионной жидкости рассчитана из первых принципов в диапазоне плотностей и температур, характерных для полностью ионизованных ядер белых карликов и оболочек нейтронных звезд. Результаты расчетов аппроксимированы простыми аналитическими формулами, позволившими построить полное термодинамическое описание квантовой плазмы ионов в недрах вырожденных звезд. Показано, что ионные квантовые эффекты оказывают существенное влияние на полную теплоемкость и остывание, а также на адиабатический градиент температуры и частоты собственных мод колебаний сравнительно массивных белых карликов с гелиевыми и углеродными ядрами при температурах выше температуры кристаллизации. Кроме того, увеличиваются радиусы маломассивных гелиевых карликов, что может быть важно для исследования эволюции AM CVn звезд.

Аниса Талгатовна Байкова (Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН)

Определение подсистем шаровых скоплений Галактики по их орбитам
// А.Т. Байкова, В.В. Бобылев, В.И. Корчагин, Н.О. Буданова

Мы использовали 147 шаровых скоплений (ШС) из списка, составленного Васильевым Е. (Vasiliev, 2018, MNRAS) по данным каталога Gaia DR2. Для интегрирования орбит использована модель потенциала Галактики Наварро, Френка, Уайта, модифицированная нами по современным данным в широком диапазоне галактоцентрических расстояний (Байкова, Бобылев, 2016, ПАЖ). Разделение шаровых скоплений по подсистемам Галактики — балджу, толстому диску и сферическому гало осуществлялось в два этапа. На первом этапе выделялись объекты балджа и гало из чисто геометрических соображений (Wegg & Gerhard, 2013). Принадлежность ШС гало была определена из условия $|Z| > 3.5$ кпк. В результате было выделено 17 объектов балджа и 55 объектов гало. На втором этапе было произведено разделение оставшихся ШС на подсистемы толстого диска и гало с использованием вероятностного подхода. В основе вероятностного подхода лежит построение такой функции распределения параметров орбит ШС, которая бы показывала явную бимодальность, присущую двум различным классам объектов. Таким соотношением параметров оказалось L_z/e , где L_z и e — угловой момент и эксцентриситет орбиты соответственно. По данному алгоритму число объектов толстого диска составило 31, а число объектов гало — 44. Суммарное число

объектов гало составило 99. Вычислены динамические и кинематические характеристики полученных подсистем. Отдельно рассмотрены подсистемы ШС гало.

Елена Алексеевна Балакина (Московский
Государственный Университет имени М.В.Ломоносова)

*Влияние пекулярных скоростей сверхновых Ia на
точность измерений красного смещения*

// Балакина Елена Алексеевна, Пружинская Мария Викторовна

Сверхновые Ia широко используются в качестве индикаторов расстояний, что позволяет оценивать значения космологических параметров из соотношения «фотометрическое расстояние-красное смещение». В настоящее время большое внимание уделяется стандартизации СН Ia для повышения точности измерения расстояний, при этом неопределенность по красному смещению довольно часто считают незначительной. Красное смещение, используемое в космологических анализах, обусловлено расширением Вселенной, но красное смещение, наблюдаемое на Земле, включает также вклад неизвестных пекулярных скоростей. Чтобы свести к минимуму влияние пекулярных скоростей, в космологических анализах стандартное значение дисперсии пекулярных скоростей принимается за 300 км/с и добавляется к неопределенности красного смещения. Тем не менее, дисперсия скорости может превышать 1000 км/с в скоплениях галактик, что может сильно повлиять на точность измерений расстояний. Для учета этого эффекта, мы изучаем СН Ia, взрывающиеся в скоплениях галактик. В качестве выборки сверхновых мы используем «Пантеон» - самый большой список СН Ia, состоящий из 1048 объектов в диапазоне красных смещений от $0.01 < z < 2.3$. Для тех СН Ia, которые принадлежат к скоплениям галактик, мы собираемся использовать красное смещение скопления галактик вместо красного смещения родительской галактики и исследуем влияние этой поправки на диаграмму Хаббла. В эпоху больших обзорных телескопов (LSST) исследование эффектов второго порядка и всех возможных источников систематической неопределенности в космологическом анализе имеет первостепенное значение.

Елена Алексеевна Балакина (Московский
Государственный Университет имени М.В.Ломоносова)

Фотометрия и моделирование СН Ib 2017grp

// Балакина Елена Алексеевна, Пружинская Мария Викторовна, Москвитин Александр Сергеевич, Блинников Сергей Иванович

В данной работе представлено комплексное изучение сверхновой типа Ib СН 2017grp, которая была открыта роботизированной сетью телескопов MASTER

в области ошибок координат кандидата в гравитационно-волновое событие G299232 LIGO/Virgo. Мы провели обработку 20 эпох наблюдений СН 2017grp, полученных с помощью ПЗС-фотометра телескопа Цейсс-1000 Специальной Астрофизической Обсерватории РАН. На основе фотометрических данных были построены кривые блеска сверхновой в B и R фильтрах. С помощью радиационного гидродинамического кода STELLA было проведено моделирование многоцветной кривой блеска и определены параметры пред-сверхновой звезды. Результаты моделирования показали, что масса пред-сверхновой составляет $3.5M_{\odot}$, радиус — $50R_{\odot}$, масса никеля, равномерно перемешанного в оболочке — $0.11M_{\odot}$, что хорошо согласуется с результатами моделирования других СН Ib. Кроме этого, сверхновая взорвалась в области, удалённой на расстояние в 21 кпк от центра её родительской галактики NGC1343, где нет видимых спиральных ветвей. Такое положение в родительской галактике нетипично для СН Ib и ставит вопрос о понимании процессов их формирования.

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

Абсорбционные системы молекулярного водорода на больших красных смещениях.

// Балашев, С.А., Клименко В.В., Нотердам П., Крогагер Д.К., Варшалович Д.А., Иванчик А.В., Петижан П., Шриананд Р., Леду С.

В докладе представлены результаты анализа семи новых DLA систем, содержащих молекулярный водород, с большими красными смещениями ($z_{abs} = 2.5 - 3$). Абсорбционные системы были отобраны по каталогу спектров квазаров SDSS, и последующие наблюдения были выполнены на телескопе VLT с использованием спектрографа X-shooter. Для всех систем мы измерили лучевые концентрации HI, H2 (для различных вращательных уровней), тяжёлых элементов, а также поглощение на пыли. Измеренная распространённость тяжёлых элементов находится в диапазоне $\log Z = -0.8$ до -0.2 . Мы произвели сравнение наблюдаемых характеристик систем молекулярного водорода с большими красными смещениями, идентифицируемых различными способами. Анализ населённости вращательных уровней H2, а также уровней тонкой структуры нейтрального углерода позволил нам оценить физические условия в среде, ассоциированной с абсорбционными системами. Мы измерили характерную температуру $T \sim 100$ K, концентрацию $n \sim 100$ см⁻³ и фон УФ излучения ~ 2 выше, чем среднегалактический, что подтверждает то, что абсорбционные системы молекулярного водорода ассоциируется с холодной диффузной фазой межзвёздного вещества. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-12-00301.

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

Молекулярный водород в возбуждённых колебательных состояниях в послесвечениях гамма-всплесков.

// Балашев, С.А.

В недавних наблюдениях послесвечений гамма-всплесков были идентифицированы абсорбционные линии молекулярного водорода, относящиеся к родительской галактике и возникающие при переходах с возбуждённых колебательных уровней. В докладе обсуждается происхождение такой, необычной для межзвёздной среды, населённости уровней H₂, а также как эти наблюдения могут быть использованы для диагностики физических условий в среде, ассоциированной с молекулярным водородом, и находящейся под влиянием излучения послесвечения гамма-всплеска. Представлена модель для расчёта населённости уровней H₂ под воздействием излучения послесвечения гамма-всплеска. Также обсуждается временная эволюция населённости колебательных уровней H₂ и возможности её обнаружения в будущих наблюдениях. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-32-00701.

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

Влияние мелкомасштабного магнитного поля на нагрев полярных шапок старых радиопульсаров

// Барсуков Д.П., Воронцов М.В., Морозов И.К.

Рассматривается влияние величины и направления мелкомасштабного магнитного поля на обратный ток позитронов во внутренних зазорах старых радиопульсаров и связанный с ним нагрев полярной шапки. 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 часть пар может рождаться в связанном состоянии — в виде позитрониев, которые затем фотоионизируются тепловыми фотонами с полярной шапки.

Александр Батраков (Санкт Петербургский государственный университет)

Численное моделирование нестабильной аккреции в рентгеновских пульсарах

// Батраков Александр (СПбГУ) Муштуков Александр (Университет Лейдена)

Мы исследуем процесс дисковой аккреции в тесных двойных системах с замагниченными нейтронными звёздами (НЗ). В таких системах наблюдаются вспышки, когда рентгеновская светимость увеличивается на несколько порядков на временных масштабах недель и месяцев. В последние годы было обнаружено, что НЗ с сильным магнитным полем демонстрируют координально разное поведение в конце вспышки. Различия могут быть объяснены особенностями возникновения неустойчивостей в аккреционном потоке и взаимодействием аккреционного диска с сильным магнитным полем НЗ. Если это в самом деле так, то нами может быть получен независимый метод измерения величины магнитного поля центрального источника. Для проверки предложенной гипотезы нами была разработана численная модель описывающая аккреционный диск в рентгеновском пульсаре. Мы использовали зависящий от температуры альфа-параметр в рамках модели Шакуры-Сюняева совместно с зависящими от времени условиями на внутренней границе диска. Были использованы современные методы для исследования нелинейных эффектов в эволюции системы, например, метод адаптивных сеток. Используя полученную модель, мы попытались воспроизвести форму кривых блеска во время вспышек с целью последующего сравнения теоретических результатов с наблюдательными данными.

Сергей Олегович Белкин (Московский
физико-технический институт)

*Многоволновые наблюдения GRB 181201A и открытие
сверхновой ассоциированной с ним* // С. Белкин, А. Позаненко, Е. Мазаева, А. Вольнова, П. Минаев, Н. Томинага, С. Блинников, М. Пружинская, Д. Честнов, Е. Клунко, И. Рева, В. Румянцев, Д. Бакли, Р. Я. Инасаридзе, И. Человеков, С. Гребенев, А. Вольвач, Н. Тунгалаг

На сегодняшний день известно 23 случая спектроскопического и 28 фотометрического подтверждения ассоциации сверхновых (SN) с космическими гамма-всплесками (GRB). Открытие и исследование каждой такой сверхновой до сих пор является значимым вкладом. Мы представляем наблюдения GRB 181201A в гамма-, оптическом и радиодиапазонах, открытие сверхновой, ассоциированной с этим всплеском, обнаружение родительской галактики, и феноменологическое моделирование сверхновой. Оптические наблюдения в течение месяца после гамма-всплеска проводились в обсерваториях, входящих в сеть IKI GRB Follow-up Network, а также на телескопе Gemini-N, в результате чего была получена многоцветная кривая блеска послесвечения и получены фотометрическая кривая блеска SN на этапе ее роста. В результате последующего моделирования были получены оценки параметров сверхновой SN/GRB181201A: абсолютная звездная величина в фильтре V (-19.5m+/-0.2), а также время от начала всплеска до максимума в кривой блеска SN (19.7+/-2.1 дней). В работе приведены результаты наблюдений и моделирования кривых блеска послесвечения, родительской галактики и

сверхновой и место SN/GRB181201A в ряду сверхновых, исследованных ранее.

Дариа Милорадовна Бероня (Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе)

Обнаружение и исследование оптического компаньона миллисекундного «redback» пульсара J1908+2105

// Д. М. Бероня, А. В. Карпова, А. Ю. Кириченко, С. В. Жариков, Д. А. Зюзин, Ю. А. Шибанов

Миллисекундный пульсар J1908+2105 (2.56 мс) и неидентифицированный ранее компаньон с массой $> 0.06M_{\odot}$ находятся в двойной системе с периодом орбиты ≈ 3.5 ч, измеренным по радиоданным. Предположительно пульсар относится к классу «красноспинных пауков» (redbacks). С целью поиска компаньона и определения его параметров нами были проведены оптические наблюдения на 2.1-метровом телескопе OAN-SPM, расположенном в Мексике. Полученные данные представляли собой серии изображений по 600 с в фильтрах BVRI. В области локализации пульсара был обнаружен слабый звездообразный объект с $R \approx 20.5$, $V \approx 21.5$. Анализ данных выявил переменность блеска с амплитудой $\Delta R \approx 0.2$ величины и периодом 3.52 ч, который согласуется с периодом орбиты системы и, следовательно, подтверждает ассоциацию обнаруженного источника с пульсаром. На основании измерений, выполненных на суммарных изображениях в четырех фильтрах, и фотометрических данных каталогов Gaia DR2 и Pan-STARRS было построено спектральное распределение энергии, которое соответствует средней температуре поверхности компаньона ≈ 4000 К. Это указывает на возможную принадлежность компаньона к звездам спектральных классов K-M.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 18-32-00781 мол_а.

Антон Владимирович Бирюков (Государственный Астрономический Институт им. П.К. Штернберга МГУ)

Сравнение темпов замедления выровненных и ортогональных пульсаров // А. Бирюков (ГА-

ИШ МГУ, КФУ), Г. Бескин (САО РАН, КФУ), А. Хадарцев (Физфак МГУ)

Точное значение магнитного угла пульсара α (угла между его осью вращения и магнитной осью) зачастую сложно оценить из наблюдений конкретных объектов. Эта величина сильно зависит от модели, в рамках которой интерпретируются наблюдательные данные. Однако, можно более-менее уверенно выделить примерно выровненные ($\alpha < 10^\circ$) и примерно ортогональные ($\alpha > 80^\circ$) пульсары, анализируя сразу несколько их наблюдаемых характеристик. В данной работе совместно анализируются две выборки таких пульсаров: 14 выровненных

и 35 ортогональных, описанных в литературе. Показывается, что ортогональные пульсары замедляются, в среднем, в 6.5 раз сильнее (медиана) при прочих равных параметрах. Распределение отношений темпов замедления пульсаров обоих типов (с учетом различия их периодов) сравнивается с модельным. Последнее рассчитывается в рамках либо а) закона замедления пульсаров, полученного в МГД-симуляциях ($P\dot{P} \propto 1 + \sin^2 \alpha$, $\dot{\alpha} > 0$), либо б) токовых потерь ($P\dot{P} \propto \cos^2 \alpha$, $\dot{\alpha} < 0$). Показывается, что наблюдаемая разница в замедлении пульсаров обоих типов может быть воспроизведена в МГД-модели, если предположить, что $\langle \log \frac{B_{\perp}}{B_{\parallel}} \rangle \sim 0.25$, где B_{\perp} и B_{\parallel} – магнитные поля ортогональных и выровненных пульсаров соответственно. А в случае токовой модели $\langle \log \frac{B_{\perp}}{B_{\parallel}} \rangle \sim 1.55$. Эти результаты обсуждаются в свете направления эволюции магнитного угла.

Александр Васильевич Бобаков (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Оптическое наблюдения миллисекундного пульсара J1045-4509 находящегося в двойной системе.

// Бобаков А.В.¹, Зюзин Д.А.¹, Шибонов Ю.А.¹

¹ – Институт им. Иоффе.

Представленная работа посвящена анализу архивных оптических изображений миллисекундного радио пульсара J1045-4509, входящего в состав двойной звездной системы. Данные получены в V, R и I фильтрах на телескопе VLT. На изображениях найден точечный источник хорошо совпадающий с пульсаром по положению. Его звездные величины составляют: V > 26.4, R = 25.7(2) и I = 25.4(2). Проведено сравнение результатов с моделями остывания белых карликов и показано, что найденный объект, скорее всего, является белым карликом. Определены его возможные характеристики для граничных значений оценок расстояния до пульсара 0.34(20) и 1.96 кпк, полученных из параллакса, измеренного на основе временного анализа радио данных, и по измеренной мере дисперсии. Показано, что это либо очень холодный и старый белый карлик с температурой поверхности T < 3000 K, возрастом > 5 млрд. лет и водородной атмосферой, или более горячий и молодой белый карлик с T порядка 6000 K и возрастом 2 млрд. лет, химический состав атмосферы которого остается не определенным. Для окончательных выводов необходимы более аккуратные измерения расстояния до данной двойной системы и более глубокие оптические наблюдения.

Вадим Вадимович Бобылев (Главная (Пулковская)
астрономическая обсерватория РАН)

*Кинематические свойства горячих субкарликов из
каталога Gaia DR2* // Бобылев В.В., Байкова А.Т.

Изучены свойства горячих субкарликов (ГС) из каталога Gaia DR2. Проанализировано около 15000 ГС с относительными ошибками параллаксов менее 30%. Показано, что в зависимости от положения на небесной сфере ГС имеют различную кинематику. В частности, вращение вокруг центра Галактики низкоширотных ($|b| < 20$ град.) ГС происходит с линейной скоростью 221 ± 5 км/с, а высокоширотные ($|b| > 20$ град.) ГС вращаются медленнее, со скоростью 168 ± 6 км/с. На основе модели экспоненциального распределения плотности найдены следующие значения вертикальной шкалы диска: $h = 190 \pm 4$ пк по низкоширотным и $h = 700 \pm 8$ пк по высокоширотным ГС. Прослежена также эволюция параметров эллипсоида остаточных скоростей ГС в зависимости от их положения относительно плоскости Галактики. Определены параметры эллипсоидов остаточных скоростей ГС, расположенных в четырех плоскопараллельных слоях. Показано, что с ростом z увеличивается размер эллипсоида, а также возрастает наклон первой оси относительно плоскости Галактики.

Павел Болдин (CloudLinux Inc.)

*Магнитары глазами ART-XC: что предсказывает
популяционный синтез* // П. А. Болдин, А.Д. Хохрякова (Физический факультет МГУ), С. Б. Попов (ГАИШ МГУ)

Методами популяционного синтеза получены новые оценки числа магнитаров в Галактике, которые сможет наблюдать телескоп ART-XC космической обсерватории СРГ во время четырёхлетнего обзора всего неба. Построенная нами модель учитывает реалистичное распределение магнитаров в Галактике и эволюцию (затухание) магнитного поля. Благодаря хорошей чувствительности в стандартном рентгеновском диапазоне ART-XC может существенно увеличить популяцию известных магнитаров. В основном новые источники будут являться молодыми магнитарами в "активном" состоянии, когда спектр становится более жестким. В "активном" состоянии предполагалась светимость $L = 10L_{bb}$, где L_{bb} — чернотельная светимость. Светимость в "активном" состоянии делится поровну между резонансным Комптон-рассеиванием с параметрами $T_{RCS} = T(t)$, $\tau_{RCS} = 5$, $beta_{RCS} = 0.4$ и жестким степенным хвостом $\Gamma_{PL} = 1.0$.

Мусаби Мухарбиевич Болиев (Институт ядерных исследований РАН)

Поиск локальных источников нейтрино на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе.

// М.М. Болиев, А.В. Буткевич, И.М. Дзапарова, М.М. Кочкаров, Р.В. Новосельцева, В.Б.Петков, П.С. Стриганов, А.Ф. Янин

Будут представлены результаты поиска локальных источников мюонных нейтрино по данным Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа (БПСТ). За времени работы телескопа (1978 – 2019 год) на БПСТ зарегистрировано более 1700 нейтринных событий в диапазоне зенитных углов $95^\circ \pm 180^\circ$. Также будут представлены результаты поиска корреляции нейтринных событий с источниками зарегистрированных гравитационных волн и даны верхние пределы на их светимость.

Елена Андреевна Брылякова (Пушчинская радиоастрономическая обсерватория, Пушчинский государственный естественно-научный институт)

Распределение энергии импульсов RRAT J0139+3310

// Брылякова Е.А., Тюльбашев С.А

В 2006 году были открыты пульсары, излучающие нерегулярные импульсы [McLaughlin 2006]. Эти пульсары получили название вращающиеся радиотранзиенты (Rotating Radio Transient - RRAT). Между обнаруживаемыми импульсами RRAT может проходить от нескольких минут до нескольких часов. До сих пор неясно, являются ли эти пульсары такими же объектами, как канонические пульсары. Для проверки гипотезы о том, что обнаруживаемые импульсы RRAT являются гигантскими импульсами канонических секундных пульсаров, был взят RRAT J0139+3310, распределение импульсов которого сравнивалось с распределением импульсов PSR B0320+39. Данные записывались на 32-канальном цифровом приемнике с общей полосой пропускания 2.4 МГц (диапазон рабочих частот приемника 109.04 – 111.46 МГц, по 78 кГц на канал, с частотой опроса $\tau = 12.5$ мс. С использованием 3-летних мониторинговых наблюдений был проведен слепой поиск импульсов RRAT J0139+3310 и PSR B0320+39 и получено распределение энергии импульсов. Для RRAT J0139+3310 распределение строилось по обнаруженным 353 импульсам, найденным за 1712 дней. Для PSR B0320+39 было найдено 15130 импульсов, за 567 дней. Получены распределения импульсов пульсара и RRAT по энергиям в единицах $C/\text{Ш}$. В полученные распределения делалось вписывание логарифмической и степенной зависимостей. Оказалось, что для пульсара B0320+39 основная часть распределения хорошо описывается логнормальным законом,

а для RRAT J0139+3310 распределение импульсов по энергиям — степенное.

Александра Яковлевна Булыгина (Казанский
(Приволжский) федеральный университет)

Родительская галактика сверхновой Ic типа SN 2009de
// А. Я. Булыгина, А. С. Москвитин, Т. А. Фатхуллин

В данном постере приводятся результаты исследования родительской галактики Ic типа SN 2009de, расположенной на $z = 0.31$. Сама сверхновая отнесена к экстремально ярким исходя из оценок расстояния и максимума блеска $M_v = -21.8$, в 2 раза более продолжительного, чем на кривых блеска обычных представителей класса. Спектр SN 2009de (2009 г.) и прямые изображения ее поля в фильтрах B, V, R_C, I_C (2015–2017гг.) были получены на 6-метровом телескопе САО РАН (+ SCORPIO). В спектре были детектированы узкие эмиссионные линии ($H\alpha$, $H\beta$, [OII] 3727A, [OIII] 4959A и 50077A), а на снимках на месте сверхновой был обнаружен слабый объект с блеском $R \approx 24.4 + / - 0.2$, интерпретированный как родительская галактика.

В ходе работы была проведена апертурная фотометрия галактики в четырёх фильтрах, сделан вывод о её светимости. Моделирование спектрального распределения энергии с помощью пакета PEGASE позволило оценить массу и возраст звёздного населения, поглощение и другие характеристики галактики, а затем сравнить их с аналогичными параметрами других представителей родительских галактик ярких сверхновых.

Марина Сергеевна Бутузова (Крымская астрофизическая
обсерватория РАН)

*Многоволновая долговременная переменность излучения
блазара S5 0716+714*
// Бугаев М.А. (МФТИ), Репин С.В. (АКЦ ФИАН), Бутузова М.С. (КрАО РАН)

Для блазара S5 0716+714 наблюдается задержка между событиями переменности на разных частотах: переменность на большей частоте лидирует. Полагая, что области джета, ответственные за наблюдаемое излучение в разных спектральных диапазонах пространственно разделены, временные задержки могут быть обусловлены тем, что возмущение, приводящее к увеличению потока излучения на длительной временной шкале, распространяется вниз по течению джета. Но исследования корреляции переменности и времен задержек, проводимые по данным гамма-, оптических и радио- наблюдений за разные годы, дают различные результаты. Мы показываем, что при поиске корреляции необходимо учитывать винтовую форму джета и кинематику его излучающих областей.

То есть учитывать, что сама задержка является функцией времени, параметров винтовой линии джета, расстояния между излучающими в сравниваемых диапазонах областями. Для каждого набора параметров модели данные гамма-, оптического и радио- диапазонов были приведены к сопутствующей источнику системе отсчета и с помощью кросс-корреляционной функции вычислены коэффициент корреляции и временная задержка между ними. В результате получены геометрические и кинематические параметры джета, при которых коэффициент корреляции достигает максимального значения, что означает наилучшее согласие многоволновых данных наблюдений переменности блазара S5 0716+714.

Марина Сергеевна Бутузова (Крымская астрофизическая обсерватория РАН)

Обратное комптоновское рассеяние излучения центрального источника как механизм рентгеновского излучения килопарсекового джета квазара PKS 1127-145
// Бутузова М.С. (КрАО РАН), Пушкарев А.Б. (КрАО РАН, АКЦ ФИАН)

Широко распространенная модель образования рентгеновского излучения килопарсековых джетов квазаров вследствие обратного комптоновского рассеяния на фотонах реликтового фона предсказывает высокий уровень потока в гамма-диапазоне, который не проявляется в данных наблюдений Fermi-LAT. Мы полагаем, что рентгеновское излучение килопарсекового джета квазара PKS 1127-145 образуется за счет обратного комптоновского рассеяния излучения центрального источника. В рамках этого получено: 1) объяснение наблюдаемых для узлов джета как сходства, так и различия спектральных индексов в радио- и рентгеновском диапазонах в предположении одного степенного энергетического распределения излучающих электронов; 2) оценка скорости $\beta \approx 0.8c$ и угла с лучом зрения $\approx 35^\circ$ килопарсекового джета. Предсказываемый от джета поток в гамма-диапазоне значительно ниже, чем верхнее ограничение на него, полученное по данным наблюдений Fermi-LAT, что дает дополнительную поддержку нашему предположению о механизме образования рентгеновского излучения. (Работа поддержана грантом РФФИ 18-32-00824, Academy of Finland projects 296010, 318431)

Марина Сергеевна Бутузова (Крымская астрофизическая обсерватория РАН)

Свойства оптической внутрисуточной переменности блазара S5 0716+714 в модели винтового джета
// Бутузова М.С. (Крымская астрофизическая обсерватория РАН), Дорошенко В.Т. (Крымская астрономическая станция ГАИШ МГУ)

Модель винтового джета (Butuzova M.S., ARep., 62, 116, 2018) используется для интерпретации свойств внутрисуточной переменности объекта, выявленных по данным наблюдений за 2014-2015 гг. Показано, что к изменениям яркости внутри ночи может приводить отклонение некоторой части излучающей области джета от основной винтовой траектории движения. Для объяснения высокой вспышечной активности блазара достаточно присутствие нескольких подобных частей и малого ($\lesssim 10^\circ$) отклонения их траекторий от общего направления движения излучающей области. При этом достигается чрезвычайно большой доплер-фактор ≈ 40 , что приводит к наблюдаемому хроматизму, вызванному неодномоментностью наблюдений в различных оптических полосах во время физического нарастания плотности потока излучения без фактического хроматизма в системе отсчета источника. Подтверждением этого предположения может служить различное изменение цвета в ходе двух соседних вспышек, наблюдавшееся в JD 2456785 и JD 2456074. (Работа поддержана грантом РФФ № 19-72-00105).

Сергей Дмитриевич Быков (НИУ ВШЭ)

*Исследование транзientного аккрецирующего пульсара
V 0332+53 во время вспышки 2015 года*

// Быков С.Д., Филиппова Е.В., Цыганков С.С., Лутовинов А.А.

Рентгеновский пульсар V 0332+53 был открыт спутником Vela 5B во время вспышки в 1973 году. В дальнейшем источник продемонстрировал вспышки в 1983, 1989, 2004-2005 и в 2015 годах. В результате анализа многочисленных данных об источнике, масса нейтронной звезды и её оптического Ве компаньона были оценены в 1.44 и 20 масс Солнца соответственно, а расстояние от системы V 0332+53 – в 7 кпк.

Собственный период пульсара ~ 4.37 с, тогда как орбитальный период системы ~ 34 дня. В энергетическом спектре детектируется циклотронная линия поглощения и ее две гармоники. Энергия этой линии показывают уникальную в своем роде положительную корреляцию с рентгеновской светимостью при больших потоках.

В данной работе мы провели анализ наблюдений обсерватории NuSTAR во время вспышки 2015 года. Был проведен спектральный анализ и фазово-разрешенная спектроскопия в диапазоне энергий 4-79 кэВ. Особое внимание мы уделили поведению эквивалентной ширины флуоресцентной линии железа, изучение которой, как считается, может дать полезную информацию о распределении материи в двойных системах типа V 0332+53.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 19-12-00423.

Евгений Олегович Васильев (Южный федеральный университет)

Сверхоболочки в видимых плашмя галактиках: динамические свойства и эмиссии

// Е.О. Васильев, Ю.А. Шекинов

В видимых плашмя (face-on) галактиках наблюдаются многочисленные пузыри или сверхоболочки, сформированные вспышками сверхновых и ветром от массивных звезд. Их свойства (размер, скорость расширения, энергетика и т.д.) определяются с помощью наблюдений эмиссионных характеристик газа (например, в линиях H-alpha и 21 см) в оболочке и звездного населения в центральной области родительского пузыря. Для проверки результатов используются различного рода теоретические масштабные соотношения, связывающие размер, скорость расширения, полную энергию вспышек СН, определяющие эволюцию пузыря. В рамках трехмерного моделирования найдены заметные отличия от известных масштабных соотношений для динамики пузыря, основанных на упрощенных одномерных решениях. Проведен анализ возможных наблюдаемых проявлений, которые могут характеризовать эти отличия. Обнаружено, что соотношения интенсивностей в рентгеновских полосах могут стать дополнительным параметром для калибровки масштабных соотношений и, следовательно, оценки свойств сверхоболочек. Обсуждается применимость полученных результатов к сверхоболочкам, наблюдаемым в близких галактиках.

Евгений Олегович Васильев (Южный федеральный университет)

Наблюдаемые проявления растущих сверхмассивных черных дыр в эпоху до реионизации

// Е.О. Васильев, Ю.А. Шекинов

Обнаружение сверхмассивных черных дыр (СМЧД) с массой порядка $M_{\bullet} \sim 10^9 M_{\odot}$ на красных смещениях $z \simeq 7.5$ свидетельствует о начале роста их зародышей задолго до реионизации в газе с первичным химическим составом. В течение последнего эпизода роста светимость черных дыр (ЧД) достигает $10^{11} - 10^{12} L_{\odot}$, суммарный спектр родительской галактики состоит из континуума от аккреционного диска ЧД, тормозного излучения и линий водорода и гелия от газа в галактике. В модели предполагается, что масса звездного населения родительской галактики меньше массы ЧД – "толстая" галактика с ЧД. Показано, что при достаточно высокой массе газа (не меньшей массы растущей ЧД) суммарный спектр в далеком ИК диапазоне испытывает резкий переход от квазичернотельного спектра ЧД $\propto \lambda^{-2}$ к плоскому тормозному излучению газа $\lambda^{0.118}$. Найдена зависимость между длиной волны перехода, спектральной светимостью и массой ЧД. Обнаружено, что соотношения потоков в

рентгеновском диапазоне 0.5–3 кэВ может служить дополнительной характеристикой этой зависимости. Обсуждаются возможности детектирования этой зависимости для растущих СМЧД на больших красных смещениях и определения массы ЧД с помощью планируемых телескопов JWST и Миллиметрон.

Михаил Владимирович Воронцов (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Дифференциальное вращение полярной шапки нейтронной звезды // М.В. Воронцов, Д.П. Барсуков

В работе рассматривается течение в жидком поверхностном слое нейтронной звезды вызванное замыканием электрического тока, текущего в пульсарной трубке. Пульсар предполагается соосным, а магнитное поле в окрестности полярной шапки считается вертикальным и однородным. Плотность, проводимость и вязкость жидкости считаются зависящими от глубины. Предполагается, что проводимость вещества твердой коры нарастет экспоненциально с глубиной. Показано, что электрический ток почти не замыкается в жидком слое и вызванная им скорость течения жидкости очень мала $10^{-8} - 10^{-10}$ см/сек.

Ольга Александровна Галазутдинова (Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук)

Звездный состав и TRGB расстояние сейфертовской галактики NGC1672

// Тихонов Н.А., Галазутдинова О.А., Шолухова О.Н.

Предположительно считается, что спиральная сейфертовская галактика NGC1672 может входить в состав группы галактик Dorado. Неопределенность состоит в отсутствии надежных данных о расстоянии до этой галактики. Используя архивные снимки космического телескопа Хаббла мы провели звездную фотометрию галактики и её окрестностей. TRGB методом измерено точное расстояние до NGC1672 ($D = 15.7$ Мпк), что доказывает принадлежность этой галактики группе Dorado. На диаграммах Герцшпрунга-Рессела выделены звезды разной светимости и изучено их распределение по телу галактики. Бурное звездообразование в NGC1672 вероятно можно объяснить взаимодействием с карликовой галактикой, следы которого наблюдаются в асимметрии распределения ярких молодых звезд. В некоторых областях звездообразования наблюдаются звезды высокой светимости (до $M_V = -10$), имеющие, вероятно, очень большие массы.

Ильхам Ирекович Галиуллин (Казанский федеральный университет)

Популяция мягких и сверхмягких источников в ближайших галактиках разных типов

// Галиуллин И.И., Гильфанов М.Р.

Исследуется популяция мягких и сверхмягких рентгеновских источников в галактиках с разной морфологической классификацией. На основе архивных наблюдений обсерваторией Chandra была составлена выборка ближайших галактик с максимальной чувствительностью данных $\sim 10^{36}$ эрг/с (две спиральные М51 и М83, эллиптическая NGC 3379, линзовидная NGC 3115 и балдж М31). Классификация рентгеновских источников на основе жесткости и медианой энергии позволила выделить популяцию мягких и сверхмягких источников в этих галактиках. Демонстрируется, что в популяции мягких источников в основном преобладают остатки вспышек сверхновых. Менее 5% сверхмягких источников в галактиках располагаются на диаграмме светимость-температура выше нижней границы стабильного горения водорода на поверхности аккрецирующего белого карлика. Удельная частота сверхмягких источников на единицу звездной массы родительской галактики в эллиптических и спиральных галактиках значительно отличаются $\sim 5\sigma$ (эллиптические галактики $\sim 1.9 \cdot 10^{-11} M_{\odot}^{-1}$ и спиральные $\sim 1.2 \cdot 10^{-10} M_{\odot}^{-1}$), что согласуется с предсказаниями популяционного синтеза аккрецирующих белых карликов. Обсуждается ассоциация мягких источников с текущим темпом звездообразования и со звездой массой родительской галактики и перспективы их дальнейшего исследования с текущими рентгеновскими обсерваториями.

Михаил Гарасёв (Институт прикладной физики РАН)

Влияние нелинейных эффектов на динамику

вейбелевской неустойчивости // Гарасёв М. А., Дерিশев Е. В.

На основе численного моделирования вейбелевской неустойчивости методом частиц в ячейках выявлены особенности нелинейной эволюции магнитного поля. Основную роль нелинейные эффекты играют на стадии насыщения и стадии затухания магнитного поля. Показано, что нелинейное взаимодействие вейбелевских мод приводит к генерации длинноволновых возмущений магнитного поля. Такие длинноволновые возмущения, в отличие от относительно коротковолновых, которые возникают на линейной стадии развития вейбелевской неустойчивости, затухают значительно слабее и способны существовать в плазме длительное время. Эффективность такой генерации зависит от ширины спектра вейбелевской турбулентности, которая определяется начальными условиями. Также в численном моделировании исследовалась и нелинейная генерация коротковолновых гармоник. Измерение эволюции их амплитуд позволило

измерить величину нелинейных эффектов. Показано, что к моменту насыщения неустойчивости нелинейные эффекты незначительны, даже в случае большой начальной анизотропии, поэтому нелинейное взаимодействие не является причиной насыщения роста магнитного поля. Обсуждаются астрофизические применения полученных результатов к бесстолкновительным ударным волнам.

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

Глитчи в ядрах нейтронных звёзд, магнитно развязанных с корой // Гогличидзе О. А., Барсуков Д. П.

Модель нейтронной звезды с магнитно развязанным ядром была предложена как способ разрешить проблему несовместимости медленной прецессии и пиннинга сверхтекучих нейтронных вихрей, являющегося основой наиболее успешных моделей пульсарных глитчей. Предполагается что пиннинг происходит в области ядра, магнитно развязанной с корой и способной вращаться относительно неё. В настоящей работе в предложенной модели рассматривается стадия нарастания пульсарного глитча. Полученные оценки на время нарастания позволяют сказать, что пульсар в Крабовидной туманности вероятно имеет магнитно развязанную область ядра. Результаты для пульсара в Парусах не столько однозначные.

Алёна Сергеевна Горбан (Институт космических исследований Российской академии наук)

Исследование транзientного аккрецирующего пульсара XTE J1946+274 во время вспышки 2018 года по данным NuSTAR // Горбан А. С., Мольков С. В., Лутовинов А. А.

Рентгеновский пульсар XTE J1946+274 был открыт в 1998 году космической обсерваторией Rossi X-Ray Timing Explorer (RXTE). Рентгеновским монитором All Sky Monitor была зафиксирована от него мощная вспышка, за которой были также зарегистрированы более слабые вспышки в последующие года. До 2010 года XTE J1946+274 оставался в состоянии покоя, затем телескопы BAT/SWIFT и GBM/Fermi зарегистрировали очередную вспышку, и аналогично первому случаю, в течение нескольких последующих лет наблюдался ряд более слабых вспышек. После этого излучение от источника не наблюдалось до 2018 года, когда обсерваторией NuSTAR была зарегистрирована новая вспышка.

Данная система переходного рентгеновского пульсара была отнесена к классу BE-систем, на это указывает возможная оптическая идентификация, существенный эксцентриситет (~ 0.29) и большой орбитальный период обращения (~ 172.2

дня). Особенностью данного объекта является возможное наличие в энергетическом спектре циклотронной линии, с помощью которой можно оценить магнитное поле на поверхности нейтронной звезды. Энергия циклотронной линии этого пульсара на данный момент является спорным вопросом.

В работе представлены результаты, полученные по данным наблюдений вспышки транзиентного рентгеновского пульсара XTE J1946 + 274 в июне 2018 года обсерваторией NuSTAR в диапазоне энергий 3 – 79 кэВ. Основной упор сделан на спектральном анализе излучения транзиентного рентгеновского пульсара (включая фазово-разрешенную спектроскопию). Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-12-00423.

Марк Андреевич Горбачев (Казанский (Приволжский)
федеральный университет)

*Поиск супервспышек у звезд нижней части главной
последовательности по данным TESS*

// Горбачев М.А., Шляпников А.А.

Из 4280867 объектов в 1 – 4 секторах TESS были отобраны звезды спектральных типов F – M. Критерием отбора служили данные наблюдений обсерватории GAIA: $T_* < 7000\text{K}$, $L_* < 1.1L_\odot$, $L_* \geq 6.136^{-6}T_* - 0.022$. Мы приводим результаты поиска супервспышек с длительностью более 30 минут и энергиями более 10^{33} эрг.

Михаил Игоревич Горностаев (Государственный
астрономический институт им. Штернберга МГУ)

Численное моделирование эффекта Сюняева-Зельдовича

// М. И. Горностаев, Г. В. Липунова, Л. Г. Титарчук, К. А. Постнов, Ю. Э. Любарский

Задача об определении изменения спектра космологического микроволнового фона в направлении на скопления галактик хорошо известна: соответствующее явление носит название эффекта Сюняева-Зельдовича. В настоящей работе она решается численно в широком диапазоне частот: вблизи максимума спектра и в степенной области. Моделирование переноса излучения проводится с помощью метода Монте-Карло. Рассматриваются сферические облака горячего газа и три варианта пространственного распределения источников фотонов: точечный источник в центре, равномерное распределение по границе и равномерное распределение по объему шара. Скорости тепловых электронов моделируются в соответствии с релятивистским распределением Максвелла, расчеты производятся в широком диапазоне температур от 5 до 50 кэВ при оптической толщине облаков $\sim 0.01 - 0.1$. Полученные численные результаты сопоставляются с

известными аналитическими, учитывающими релятивистские поправки к классическому решению, но справедливыми в ограниченном диапазоне температур. Значения спектрального индекса сравниваются с аналитическим решением, найденным из анализа кинетического уравнения с релятивистским ядром рассеяния. Решение ряда тестовых задач показывает согласие численных расчетов с предыдущими исследованиями. Моделирование с помощью кода возможно в случаях более сложной геометрии и отличной от нуля пекулярной скорости скопления.

Александра Александровна Гроховская (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Спектральная и фотометрическая переменность VII Zw 244 // Гроховская А.А., Малыгин Е.А., Уклеин Р.И., Шабловинская Е.С.

Мы представляем результаты исследования фотометрической и спектральной переменности активного ядра VII Zw 244 ($z \sim 0.13$). В рамках проекта фотометрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах выборки из 8 АЯГ на телескопах БТА и Цейсс-1000 САО РАН для VII Zw 244 были получены кривые блеска в широкой линии H β и континууме, а также спектры объекта. Мы приводим оценки времени задержки между кривыми блеска и оценку удельной светимости L5100, полученную из спектра объекта, и сопоставляем полученные данные с общей зависимостью R(BLR)-L5100.

Александра Александровна Гроховская (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Крупномасштабное распределение галактик поля HS47.5-22 // Гроховская А.А., Додонов С.Н.

В докладе представлены результаты исследования крупномасштабного распределения галактик поля HS47.5-22 (координаты центра поля 09h50m00s +47d35m00s). Наблюдения поля в 16 среднеполосных (FWHM = 250 Å) и 4 широкополосных (u,g,r,i SDSS) фильтрах проведены на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории. Получена полная по потоку выборка из 37232 галактик ярче $R_{AB} = 23m$, точность определения фотометрических красных смещений $\sigma_z = 0.01(1+z)$. Используя два метода восстановления карт контраста плотности: 1) псевдотрехмерного метода с адаптивной апертурой и размытием 2) двумерных тесселяций Вороного, нами проведен анализ трехмерного распределения галактик до $z=0.8$. Выделены группы и скопления галактик разного

богатства, определены области пониженной поверхностной плотности — войды. Сделаны оценки достоверности выделения групп и скоплений. Проведено сравнение полученных результатов с аналогичными данными обзора COSMOS.

Алексей Алексеевич Гуня (Физический институт им. П. Н. Лебедева (ФИАН))

Ускорение протонов в окрестности сверхмассивной чёрной дыры // Истомин Я. Н. Гуня А. А.

Рассмотрено центростремительное ускорение заряженной тестовой частицы в окрестности центральной машины активного ядра галактики. Численными и аналитическими методами найдены максимальные значения Лоренц-факторов ускоренного протона. Максимальная энергия зависит от параметра замагниченности частиц κ и от параметра магнитного поля α отношения тороидального магнитного поля к полоидальному. Показано, что при малых тороидальных полях, что соответствует случаю отсутствия релятивистского джета, $\alpha < \kappa^{-1/4}$, максимальный Лоренц-фактор составляет $\gamma t = \kappa^{-1/2}$, в то время как при больших тороидальных полях, что очевидно соответствует случаю наличия релятивистского джета $\alpha > \kappa^{-1/4}$, максимальный Лоренц-фактор значительно увеличивается, $\gamma t = \kappa^{-2/3}$. Максимально возможное ускорение, $\gamma t = \kappa^{-1}$, в магнитосфере не достигается. Получены численные оценки максимальных энергий протонов для конкретных галактик с активными ядрами. Обнаружена корреляция теоретических расчётов с экспериментальными данными энергий протонов для Sgr. A*, полученных на массиве HESS.

Михаил Евгеньевич Гусаков (ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Неустойчивость r-мод и новые ограничения на параметры сверхтекучести нуклонов в нейтронных звездах // Кантор Е.М., Доммес В.А., Гусаков М.Е.

Получены первые ограничения на профили критических температур перехода нуклонов в сверхтекучее состояние с помощью предложенной нами ранее модели [1] стабилизации неустойчивых r-мод вблизи резонансов с другими сверхтекучими колебательными модами звезды. Для этого нами был рассчитан температурно-зависимый спектр колебаний вращающейся нейтронной звезды. Впервые для расчета была использована реалистичная микрофизическая модель звезды. В частности, использованы реалистичное уравнение состояния и реалистичные профили критических температур; были учтены как мюоны

во внутренних слоях звезды, так и эффект увлечения сверхтекучих нейтронов протонами (и мюоны, и эффект увлечения влияют на спектр качественно). Показано, что в пределе медленного вращения и слабого увлечения собственные частоты и собственные функции сверхтекучих g -мод неаналитичны. Для описания этой неаналитичности и расчета спектра колебаний разработана специфическая теория возмущений. В результате получено, что нормальная (наиболее неустойчивая) g -мода испытывает антипересечения со сверхтекучими g -модами при определенных значениях температур и частот вращения звезды. Вблизи антипересечений нормальная g -мода сильно затухает, что приводит к подавлению неустойчивости при резонансных параметрах. Сильная чувствительность резонансных параметров к форме профилей критических температур позволила нам ограничить последние, сопоставляя рассчитанные спектры с данными наблюдений нейтронных звезд в маломассивных рентгеновских двойных системах. [1] Gusakov, Chugunov, Kantor, Phys. Rev. Lett. 112 151101 (2014).

Михаил Евгеньевич Гусаков (ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Гидростатически равновесное уравнение состояния аккрецированной коры нейтронной звезды

// Гусаков М.Е., Чугунов А.И. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Исследовано уравнение состояния коры аккрецирующей нейтронной звезды. Обычно для получения такого уравнения состояния предполагается, что свободные нейтроны и атомные ядра во внутренней коре 'приклеены' друг к другу, то есть двигаются с одной и той же скоростью вглубь звезды под тяжестью вновь нааккрецированного вещества. Это предположение критически проанализировано. Показано, что оно ведет к нарушению условия гидростатического (и диффузионного) равновесия в звезде, в которой свободные нейтроны коры находятся в сверхтекучем состоянии. Лишенное этого недостатка гидростатически равновесное уравнение состояния построено в данной работе. Рассмотрение проведено в модели сжимаемой жидкой капли (compressible liquid drop approximation). Полученное новое уравнение состояния обладает рядом важных отличий от традиционного уравнения состояния, используемого в литературе. В частности, оно оказывается гораздо ближе к полностью равновесному уравнению состояния коры, чем традиционное. Кроме того, граница между внешней и внутренней корой для этого уравнения состояния определяется не точкой 'выдавливания' нейтронов из атомных ядер, а степенью эффективности диффузии нейтронов во внешние слои коры. Наконец, на границе кора-ядро предложенного уравнения состояния реализуется специфическая неустойчивость относительно превращения вещества коры в однородную ядерную материю. Физический механизм неустойчивости объяснен. Полученные результаты важны для корректной интерпретации наблюдений аккрецирующих нейтронных звезд.

Александра Алексеевна Добрынина (Ярославский
государственный университет)

*Влияние магнитного поля на бета-процессы в среде
сверхновых* // А.А. Добрынина, И.С. Огнев

Исследовано влияние магнитного поля на бета-процессы в условиях сверхновой с коллапсом центральной части в области частичной прозрачности среды для нейтринного излучения. С учетом того, что в данной области электрон-позитронная плазма является ультрарелятивистской и умеренно вырожденной, а нуклоны невырожденными, вычислены основные макроскопические параметры, характеризующие взаимодействие нейтрино со средой. А именно, получены простые аналитические выражения для скоростей бета-процессов, а также для энергии и импульса, передаваемого от нейтрино к среде сверхновой в случае сферически-симметричного распространения нейтринного излучения. В общем виде показано, что ультрарелятивизм плазмы приводит к подавлению влияния магнитного поля на бета-процессы, тогда как вырожденность электронов, нейтрино и антинейтрино усиливает это влияние. На примере результатов одномерного расчета взрыва сверхновой с помощью кода Prometheus-Vertex показано, что влияние магнитного поля на бета-процессы, по всей видимости, не превосходит нескольких процентов. Таким образом, ряд задач, в частности, о распространении в сверхновой нейтринного излучения, может решаться без учета магнитного поля, что приводит к их существенному упрощению. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-72-10070).

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

*Оптическое отождествление рентгеновских
источников в поле HS47.5-22.* // Додонов С.Н.

В работе мы представляем кандидатов в оптическое отождествление 122 рентгеновских источников в поле 2.4 кв. градуса покрывающим центральную часть области HS47.5-22 обзора средней глубины ROSAT (Molthagen et al. 1997). Кандидаты отобраны по результатам наблюдений в 16 среднеполосных фильтрах (FWHM=250 Å, спектральный диапазон 4000 – 8000 Å) и 4 широкополосных (u, g, r, i SDSS) фильтрах на 1-м телескопе Шмидта Бюрраканской обсерватории (Армения). В пределах боксов позиционных ошибок рентгеновских объектов обнаруживаются от одного до нескольких кандидатов в оптическое отождествление до R=24m. Используя спектральные распределения энергии, построенные по данным среднеполосной фотометрии, мы провели классификацию объектов и определили фотометрические красные смещения с точностью $dz=0.02(1+z)$ для AGN и с точностью $dz=0.01(1+z)$ для га-

ластик. Получены новые данные для слабых ($CR < 0.2s^{-1}$) рентгеновских объектов не отождествлённых в ходе Hamburg Quasar Survey и обзора SDSS.

Сергей Александрович Дроздов (Астрокосмический Центр Физического Института Академии Наук им. П.Н. Лебедева)

О возможности диагностики газа в Северном Полярном Шпуре по эмиссии пыли // Дроздов Сергей Александрович

Природа Северного Полярного Шпура (СПШ) до сих пор не ясна. Существующие попытки описать это явление часто основываются на принципиально различных моделях и приводят к противоречивым выводам. В настоящем исследовании делается попытка выяснить природу и характеристики горячего газа по пылевой эмиссии СПШ в ИК и субмиллиметровой части спектра. Кажется правдоподобным, что существенным для пыли в СПШ является сильный разброс температур пылинок по их размерам. Учитывающая это обстоятельство оценки массы пыли в направлении на СПШ оказывается более консервативной и приемлемой в рамках гипотезы о том, что СПШ физически связан с Fermi Bubbles.

Андрей Евгеньевич Егоров (Физический Институт Академии Наук им. Лебедева)

Поиски тёмной материи по одновременным наблюдениям в гамма- и рентгеновском диапазонах на космической обсерватории ГАММА-400 // Андрей Егоров для коллаборации ГАММА-400

ГАММА-400 является ныне разрабатываемой российской космической обсерваторией, запланированной к запуску около 2026г. ГАММА-400 включает в себя гамма-телескоп, рентгеновский телескоп и плазменные детекторы. Гамма-телескоп имеет диапазон чувствительности примерно от 20 МэВ до 1000 ГэВ, а рентгеновский телескоп ART-XC - $\sim(3-30)$ кэВ. Это обеспечит уникальную возможность для поисков тёмной материи в форме различных кандидатов в различных диапазонах. Благодаря высочайшим угловому и энергетическому разрешениям, ГАММА-400 сможет осуществлять поиски WIMPs по узким аннигиляционным линиям от них в области Галактического центра с чувствительностью в 2-3 раза лучше по сравнению с Fermi-LAT. Также наш телескоп сможет искать с большей чувствительностью аксионоподобные частицы (ALPs) по вызываемым ими особенностям в спектрах гамма-источников. Особенно высокая чувствительность к ALPs реализуется в случае наблюдения взрыва близкой сверхновой. Рентгеновский телескоп потенциально сможет детальнее изучить предположительную линию на 3,5 кэ-

Вах от распадов стерильных нейтрино, что является очень актуальной задачей сейчас. В докладе мы детально расскажем обо всех этих возможностях.

Олег Владимирович Егоров (Государственный астрономический институт им. Штернберга)

Наблюдения газовых сверхоболочек в близких карликовых галактиках со звездообразованием

// Егоров О.В., Лозинская Т.А., Моисеев А.В.

Совокупный ветер и ионизирующая радиация массивных звезд, совместно с последующими взрывами сверхновых, приводят к образованию множественных газовых оболочек в межзвездной среде галактик. Во многих близких карликовых галактиках наблюдаются полости нейтрального водорода, размерами до нескольких килопарсек, сформированные в результате притока энергии от звездообразования за период времени до сотен млн. лет. В стенках наиболее протяженных таких структур часто наблюдаются области текущего звездообразования. Мы представляем результаты нашего продолжающегося исследования взаимодействия межзвездной среды и молодых скоплений в подобных близких карликовых галактиках, основанного на данных наблюдений на 6-м телескопе БТА САО РАН со сканирующим интерферометром Фабри-Перо, фотометрических наблюдений на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ и архивных данных в широком диапазоне энергий. В частности, мы обнаружили протяженные оболочечные структуры (размером до 2 кпк) ионизованного газа низкой поверхностной яркости в трех галактиках. Внутри килопарсековых комплексов мы наблюдаем следы распространения звездообразования, а нескольких случаях текущее звездообразование вероятно вызвано столкновением гигантских сверхоболочек II. Мы анализируем роль происходящего звездообразования в эволюции сверхоболочек II. Также мы обсудим имеющиеся на данный момент наблюдения близких газовых сверхоболочек в рентгеновском диапазоне и перспективы изучения подобных объектов в рамках обзора CPG/eROSITA.

Вячеслав Журавлев (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга)

О природе резонансной неустойчивости газо-пылевой среды в холодных астрофизических дисках // Журавлев В.В.

В холодных газовых дисках, при падении температуры среды ниже 1500 градусов, происходит конденсация пыли. Под воздействием силы тяготения нормальной звезды или компактного объекта происходит дрейф пылинок как по

направлению к экваториальной плоскости диска, так и по направлению к центру диска. Рассматривая локально динамику газопылевой смеси в рамках двухжидкостной модели, можно показать, что указанный дрейф пыли неустойчив, и существуют экспоненциально растущие газопылевые возмущения. В работе показано, что их рост может рассматриваться как спаривание двух мод, обладающих энергией разных знаков: инерционной волны с положительной энергией и пылевой волны с отрицательной энергией. Спаривание мод — известный резонансный механизм, приводящий к неустойчивости многих сред в задачах физики плазмы и гидродинамике сдвиговых потоков. Обсуждается, что существование пылевой волны с отрицательной энергией в дисках может приводить и к другим явлениям, таким как диссипативная неустойчивость дрейфующих пылинок и взрывная нелинейная неустойчивость газо-пылевой смеси.

Игорь Альбертович Зазнобин (Институт космических исследований РАН)

Спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из расширенного каталога обсерватории им. Планка // Зазнобин И.А., Буренин Р.А., Бикмаев И.Ф., Хамитов И.М., Иртуганов Э.Н., Глушков М.В., Сюняев Р.А.

Представлены обновленные результаты оптического отождествления скоплений галактик из расширенного каталога Планка (Буренин, 2017). Этот каталог содержит почти 3000 скоплений галактик массой более $M_{500} \approx 3 \times 10^{14} M_{\odot}$ обнаруженных на картах параметра комптонизации в обзоре всего неба обсерватории им. Планка. Большинство этих скоплений будет обнаружено в рентгеновском обзоре всего неба обсерватории Спектр-Рентген-Гамма и войдет в космологические выборки. Для большинства скоплений из этого каталога (около 2500) по данным Слоановского обзора доступны спектроскопические измерения красных смещений. Спектроскопические измерения красных смещений для оставшихся скоплений из этого каталога в настоящее время проводятся на 1.6-м телескопе АЗТ-ЗЗИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН, на 1.5-м Российско-Турецком телескопе, а также на 6-м телескопе БТА САО РАН. На настоящее время получены спектроскопические измерения красных смещений 90 скоплений галактик. В докладе будут представлены результаты этих наблюдений.

Тимур Амирович Залялютдинов (Санкт-Петербургский государственный университет, физический факультет, кафедра квантовой механики)

Поиск линий мезоатомов в спектрах астрофизических источников // Т.А. Залялютдинов, В.К. Дубрович

Рассматривается процесс люминесценции в субординантных линиях мюонного водорода μp и мюонного иона гелия $(\mu^4\text{He})^+$ при наличии фонового источника рентгеновского излучения. Предполагается, что определенное количество мюонных атомов, существующих вблизи некоторого астрофизического источника, перерабатывает поглощаемое излучение с последующим переизлучением в субординантных линиях. Интенсивность люминесценции такого процесса пропорциональна квантовому выходу, рассчитанному для разных каналов накачки и разных моделей спектров. Показано, что в спектре фонового источника люминесцентные линии мюонного водорода и мюонного иона гелия могут быть достаточно заметны. Рассчитанная высокая эффективность переработки фонового излучения на широком наборе спектральных линий может быть важна для надежной идентификации происхождения спектральных линий [1].

[1] V. Dubrovich, T. Zalialiutdinov, "On the possibility of observable signatures of μp and $(\mu^4\text{He})^+$ lines on the spectra of astrophysical sources arXiv:1903.11837 [physics.atom-ph]

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

Очень холодный гамма пульсар PSR J1957+5033
// Д.А. Зюзин, А.В. Карпова, Ю.А. Шибанов, А.Ю. Потехин

Гамма пульсар J1957+5033 имеет период 375 мс, характеристический возраст 840 тыс. лет и скорость потери энергии вращения $5e33$ эрг/с. Согласно возрасту, этот пульсар может находиться в начале конечной фотонной стадии остывания нейтронных звезд, на которой поверхностная температура и тепловая светимость звезды согласно теории начинают падать со временем по экспоненте. Это существенно затрудняет рентгеновские исследования остывания нейтронных звезд на данной стадии из-за доминирования в их излучении нетепловой компоненты из магнитосферы пульсара. Мы представляем результаты рентгеновских наблюдений пульсара, выполненных нами с помощью обсерватории XMM-Newton. Вопреки ожиданиям, оказалось что в спектре пульсара на низких энергиях доминирует тепловая компонента излучения, анализ которой показал, что пульсар имеет очень низкую температуру поверхности менее 30 эВ (для удалённого наблюдателя). Это делает данную нейтронную звезду одной из самых холодных среди известных нейтронных звезд, в спектрах которых обнаружена тепловая компонента со всей поверхности звезды. Если принять характеристический возраст за верхнюю оценку истинного возраста, то ограничение на болометрическую светимость тепловой компоненты в диапазоне $1.4e30 - 1.3e31$ эрг/с может быть объяснено либо прямыми урка-процессами (что требует, чтобы звезда была массивной), либо нуклонной сверхтекучестью (что может использоваться для проверки современных моделей сверхтекучести). Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 19-52-12013 ННИО_а.

Павел Борисович Иванов (Физический институт имени П. Н. Лебедева)

Поиск одиночных аккрецирующих черных дыр с помощью "Миллиметра" и Космического Телескопа им. Дж. Вебба // Иванов, П. Б., Лукаш, В. Н., Пилипенко, С. В., Пширков, М. С.

В этом докладе мы рассмотрим простую полуаналитическую модель формирования спектра излучения в субмиллиметровой и инфракрасной области изолированной аккрецирующей черной дыры (ИЧД) звездной массы за счет синхротронного излучения и сравним ее с данными численного счета. Затем мы обсудим возможность их обнаружения внутри Центральной Молекулярной Зоны (ЦМЗ) центра Галактики с помощью Миллиметра и космического телескопа им. Джеймса Вебба (ТДВ). Будет показано, что эта возможность существенно зависит от отношения величины темпа аккреции к значению Бонди-Хойла-Литтлтона. Если это отношение порядка единицы, то ТДВ может обнаружить единственную ИЧД внутри ЦМЗ, если больше 0.01, то возможно обнаружить ИЧД в количествах, предсказываемых некоторыми теориями их формирования.

Андрей Николаевич Казанцев (Филиал "Пушчинская радиоастрономическая обсерватория им В.В.Виткевича" Астрокосмического центра ФИАН)

Исследование темпа генерации гигантских импульсов пульсара B0531+21 (J0534+2200) на длительном временном интервале // Казанцев А.Н., Пширков М.С., Потапов В.А.

На сегодняшний день не существует общепринятого теоретического объяснения механизма генерации гигантских импульсов (ГИ) — одного из интереснейших феноменов физики пульсаров. Первым, а также наиболее типичным и исследованным представителем пульсаров с ГИ, является молодой одиночный пульсар B0531+21 (J0534+2200). Вопрос стабильности излучения мощных индивидуальных импульсов ГИ пульсара B0531+21 на длительных промежутках времени недостаточно исследован, в основном в силу сложности организации многолетнего мониторинга пульсара на крупных радиотелескопах.

В рамках текущей работы нами были проанализированы результаты 9-летнего (2010 – 2019 гг.) мониторинга ГИ пульсара B0531+21 на частоте 111 МГц на антенне БСА ФИАН. Особое внимание уделялось динамике темпа генерации ГИ в даты скачков периода пульсара (глитчей), в особенности области MJD 58064.555 — дате самого сильного глитча за всю историю наблюдения пульсара ($dv/v \sim 5.2E-7$ [Shaw, V. et al, 2018]).

Обнаружено, что на частоте 111 МГц пульсар демонстрирует временную нестабильность в излучении мощных индивидуальных импульсов, которая не

может быть объяснена только эффектом распространения излучения в среде. Помимо этого, был обнаружен резкий рост темпа генерации, достигающий максимального значения за весь исследуемый период, происходивший в промежутки 40-50 дней после глитча MJD 58064.555. Данный результат является значимым аргументом в пользу наличия механизма связи генерации ГИ и механизмов, приводящих к глитчам.

Работа выполнена при поддержке фонда Развития Теоретической Физики и Математики “БАЗИС”, грант 18-1-2-51-1.

Мария Евгеньевна Каляшова (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Звезды Вольфа-Райе в молодых звездных скоплениях как потенциальные источники галактических космических лучей

// М.Е. Каляшова, А.М. Быков, С.М. Осипов, Д.Эллисон, Д.В. Бадмаев

Химический состав космических лучей (КЛ) в основном совпадает со стандартным солнечным химическим составом. Тем не менее, в наблюдениях обнаружены существенные различия в распространенности изотопов некоторых элементов, наиболее важным из которых является избыток ^{22}Ne в космических лучах (изотопное отношение $^{22}\text{Ne}/^{20}\text{Ne}=0.38$ в КЛ против $^{22}\text{Ne}/^{20}\text{Ne}=0.07$ в солнечном ветре, таким образом, содержание ^{22}Ne в КЛ выше более чем в 5 раз). Согласно наиболее актуальным моделям звездного нуклеосинтеза, значительное количество ^{22}Ne генерируется в звездах Вольфа-Райе. В углеродной последовательности (WC) звезд Вольфа-Райе отношение $^{22}\text{Ne}/^{20}\text{Ne}$ может намного превышать стандартное значение. В данной работе обсуждается возможность того, что источником части приходящих на Землю космических лучей энергий порядка ГэВ могут быть обогащенные ^{22}Ne ветры звезд Вольфа-Райе в молодых массивных звездных скоплениях. Предполагается, что эти частицы ускоряются на совокупности ударных волн от ветров массивных звезд. Представлены оценки доли космических лучей от таких источников, необходимой для того, чтобы удовлетворить наблюдаемому изотопному отношению $^{22}\text{Ne}/^{20}\text{Ne}$.

Дмитрий Карасев (Институт Космических Исследований РАН)

Оптическое отождествление четырех рентгеновских источников из обзоров неба обсерватории ИНТЕГРАЛ

// Д.И. Карасев, А.Ю. Ткаченко, Г.А. Хорунжев, С.Ю. Сазонов, Р.А. Кривонос, П.С. Медведев, И.А. Зазнобин, И. А. Мериминский, Р.А. Буренин, М.Н. Павлинский, М.В. Еселевич

В настоящей работе мы продолжаем исследование, начатое в работе Карасева и др. 2018, и представляем результаты оптических отождествлений четырех источников жесткого рентгеновского излучения из обзоров неба обсерватории ИНТЕГРАЛ.

Предварительно уточнив положения исследуемых объектов на небе с помощью рентгеновского телескопа косого падения обсерваторий Swift мы провели идентификацию компаньонов источников с использованием данных оптических и инфракрасных обзоров неба. Затем, для предполагаемых компаньонов с помощью Российско-Турецкого телескопа РТТ-150 и телескопа АЗТ-ЗЗИК были получены спектры в оптическом диапазоне. Это позволило установить природу объектов исследования. Показано, что 2 источника (IGR J11079+7106, IGR J12171+7047) имеют внегалактическое происхождение и относятся к сейфертовским галактикам 1-го и 2-го типов; 1 источник из выборки (IGR J18165-3912) вероятнее всего имеет галактическое происхождение и является либо рентгеновской двойной либо катаклизмической переменной. Еще один источник (IGR J20596+4303) имеет два потенциальных компаньона в мягком рентгеновском диапазоне и может быть как внегалактическим объектом типа сейфертовской галактики 2-го типа, так галактическим объектом и являться катаклизмической переменной.

Анна Викторовна Карпова (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Оптические исследования компаньонов миллисекундных пульсаров J1630+3734 и J2042+0246

// А.В. Карпова, А.Ю. Кириченко, Д.А. Зюзин, С.В. Жариков, Э.А. Лопес, Ю.А. Шибанов, П. Фрейре, Э. Фонсека, А. Кабрера-Лаверс

В работе представлены результаты анализа первых глубоких оптических наблюдений компаньонов миллисекундных пульсаров J1630+3734 и J2042+0246, находящихся в двойных системах. Наблюдения проводились с помощью Большого Канарского телескопа (Gran Telescopio Canarias) в фильтрах g' , r' и i' . На радиоположениях пульсаров во всех трех фильтрах были обнаружены источники - их возможные компаньоны. Их звездные величины в фильтре r' составляют 24.44 и 23.97 для J1630+3734 и J2042+0246, соответственно. Сравнение оптических данных с кривыми остывания белых карликов показало, что источники могут являться холодными белыми карликами с температурами около 4-4.5 тыс. К. Компаньон J1630+3734, скорее всего, имеет смешанную водородно-гелиевую атмосферу, а атмосфера компаньона J2042+0246 может быть чисто водородной. Масса последнего составляет около 0.3 масс Солнца. Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 18-32-20170 мол_а_вед.

Анна Викторовна Карпова (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Идентификация белых карликов-компаньонов "подкрученных" пульсаров в оптическом диапазоне

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

Оптические наблюдения компаньонов "подкрученных" пульсаров играют ключевую роль в определении типа и параметров компаньонов. Самыми распространенными компаньонами являются маломассивные белые карлики. Поскольку последние - это слабые оптические источники, их идентификация затруднительна. Однако в последнее время число идентификаций значительно выросло благодаря глубоким обзорам неба и работе крупнейших наземных телескопов. В работе будет представлен обзор белых карликов-компаньонов пульсаров, детектированных в ультрафиолетовом, оптическом и инфракрасном диапазонах, в т.ч. ряд источников, обнаруженных нашей исследовательской группой. Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 18-32-00781 мол_а.

Вячеслав Витальевич Клименко (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Населенность вращательных уровней молекул HD в диффузных молекулярных облаках межзвездной среды

// Клименко В.В., Иванчик А.В.

Выполнен теоретический расчет населенностей вращательных уровней молекул HD с учетом возбуждения молекул столкновениями и механизмом радиативной накачки ультрафиолетовым излучением. Определены коэффициенты радиативной накачки $\Gamma_{i,j}$. Показано, что фоновое УФ излучения в Галактике значимо определяет населенности вращательных уровней молекул HD в системах с лучевой концентрацией молекул $N(\text{HD}) < 10^{15} \text{ см}^{-2}$. В более насыщенных системах $N(\text{HD}) > 10^{15} \text{ см}^{-2}$ населенности HD на втором вращательном уровне $J=2$ является хорошим индикатором интенсивности УФ фона в МЗС.

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

Упругие свойства коры нейтронной звезды

Упругие свойства играют важную роль в исследовании недр нейтронных звёзд и белых карликов. Так значение эффективного модуля сдвига μ_{eff} необходимо для моделирования звездных колебаний и различных процессов в магнетарах и вырожденных звездах, которые входят в компактные двойные системы. С помощью электростатической энергии деформированных решеток,

мы аналитически рассчитали различные модули упругости однокомпонентных и упорядоченных двухкомпонентных (положения ионов разных типов строго коррелированы) кристаллических решеток. Мы использовали несколько методов для определения эффективного модуля сдвига и показали, что μ_{eff} многокомпонентного кристалла, рассчитанное, как усредненное по всем возможным волновым векторам значение модуля сдвига, согласуется с результатами, полученными из правила линейного смешивания, а для бинарной ОЦК решетки ещё и с результатами численного моделирования неупорядоченных кристаллов. Последнее позволяет утверждать, что разница между μ_{eff} упорядоченного и неупорядоченного кристалла меньше одного процента.

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

Разрушение коры нейтронной звезды

Как известно, существует несколько моделей, которые связывают разрушение кристаллической коры нейтронной звезды с наблюдательными проявлениями (например, с глитчами). С другой стороны поведение кристаллов при различных деформациях не универсально, и устойчивость кристаллической коры существенно зависит от взаимной ориентации направления деформации и кристаллографических осей, а также от типа кристаллической решетки.

Данная работа посвящена аналитическому исследованию максимального разрушающего напряжения, которое может выдержать кора, на основе анализа фононных спектров кулоновских кристаллов, образующихся в её недрах. Рассмотрено несколько направлений деформации, влияние температурных эффектов и поляризации электронного фона. Полученные результаты хорошо согласуются с данными численных стимуляций.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ No. 19-12-00133.

Александр Иванович Колбин (Казанский (приволжский) федеральный университет)

Спектральное и фотометрическое исследование полярной звезды BS Tri // А.И. Колбин, Н.А. Серебрякова, Н.А. Катыхева, М.М. Габдеев

Выполнен анализ спектров и фотометрии затменного полярной звезды BS Tri. Проведена ревизия параметров компонентов системы. Путем моделирования циклотронных линий определена напряженность магнитного белого карлика, а также сделана оценка температуры аккреционного пятна. Восстановлена структура аккреционной струи с использованием метода доплеровского картирования. На основе моделирования кривых

блеска поляра определены координаты и размеры аккреционного пятна.

Александр Иванович Колбин (Казанский (приволжский)
федеральный университет)

Анализ проявлений аккреции в поляре V808 Aur

// А.И. Колбин, А.И. Ихсанова, Н.А. Серебрякова, М.М. Габдеев

Выполнен анализ спектральных и фотометрических проявлений аккреции в поляре V808 Aur. Проведено моделирование циклотронных спектров поляра с определением напряженности магнитного поля в аккреционных пятнах. Сделана оценка геометрических параметров пятна и ориентации магнитного диполя на основе моделирования кривых блеска и круговой поляризации. Выполнена реконструкция аккреционной струи путем моделирования фотометрического профиля затмения, а также проведено восстановление карт распределения эмиссионных областей методом доплеровской томографии.

Владимир Николаевич Кондратьев (Лаборатория
теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова, ОИЯИ, 141980,
Дубна, Россия)

*Эффект ядерного неупругого рассеяния в спектрах
нейтрино сверхновых*

// В. Н. Кондратьев, А. А. Джиоев, А. И. Вдовин

Рассмотрено нейтрино-ядерное рассеяние в горячем и плотном веществе, соответствующем взрыву сверхновых, слиянию нейтронных звезд, прото-нейтронным звездам. При ненулевой температуре нейтрино претерпевает экзо- и эндо-энергетическое рассеяние на нуклонах и ядрах, обусловленное гамов-теллеровской компонентой нейтрального тока. Показано, что сечение передачи энергии при нейтрино-ядерном рассеянии изменяется с положительных на отрицательные значения при энергии нейтрино, превышающей в четыре раза температуру вещества. Обсуждаются возможные эффекты для транспорта и спектров нейтрино.

Виктор Моисеевич Конторович (Радиоастрономический
институт НАН Украины)

*Физическая причина поразительного отличия
микроструктуры главного импульса и пульсара в Крабе*

// Виктор М. Конторович. Институт радиоастрономии НАНУ, Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина

В работе Хэнкинса и Айлек (ApJ 670, 693, 2007) было обнаружено (к удивлению самих авторов) поразительное отличие спектров (главного импульса) ГИ и (интеримпульса) ИИ при наносекундном разрешении. В частности, в спектрах ГИ наблюдался широкий диапазон частот, образующий «вертикальные структуры», в то время как в спектрах ИИ на тех же частотах наблюдались «горизонтальные структуры» с выделенными частотами. Мы предлагаем возможный ответ на эту загадку. Он состоит в том, что, как видно из многочастотных измерений (Моффет и Хэнкинс ApJ 468, 779, 1996), вблизи от частоты измерения микроструктуры происходит смена механизмов радиоизлучения. Для ГИ ещё действует субрелятивистский низкочастотный механизм излучения при продольном ускорении (Конторович и Фланчик ASS 345, 169; ЖЭТФ 143, 92, 2013). При этом возникает плоский по частоте спектр излучения, формирующий «вертикальные» микроструктуры и обрывающийся на обратном времени ускорения частиц. Ускорение происходит от тепловых до релятивистских скоростей в нарастающем от нуля на поверхности звезды ускоряющем электрическом поле. Для ИИ этот механизм на частоте измерения уже сменился другим (релятивистским) механизмом отражения от поверхности пульсара излучения кривизны, приводящим в наклонном магнитном поле к сдвигу ИИ (Конторович и Трофименко JPSA 7, 11, 2017). Поэтому «вертикальные микроструктуры» в нем отсутствуют. Квантование дрейфа в скрещенных полях (Конторович AL 40, 793, 2014) приводит к наблюдаемым дискретным «горизонтальным структурам».

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

Относительная распространенность HD/H₂ в диффузной межзвездной среде // Косенко Д.Н., Балашев С.А.

Мы представляем полуаналитическое описание относительной распространенности HD/H₂ в диффузной фазе межзвездной среды в зависимости от физических параметров, таких как скорость ионизации космическими лучами, интенсивность ультрафиолетового излучения, объемная концентрация в среде, металличность. Мы нашли три основные асимптотики, описывающие отношение HD/H₂ в различных частях облака, и описали точку перехода D/HD. Мы нашли, что в случае низкой металличности и/или высокой скорости ионизации космическими лучами скорость формирования HD увеличивается, отношение HD/H₂ растет, и переход D/HD может произойти на меньшей глубине проникновения излучения в облако, чем переход H/H₂. Это позволяет объяснить наблюдаемое отличие между измерениями относительной распространенности HD/H₂ в нашей Галактике и на больших красных смещениях.

Работа была поддержана грантом РФФИ №18-12-00301

Александр Евгеньевич Костенков (Санкт-Петербургский
государственный университет)

*Определение параметров ветров LBV и ULX с
использованием сеток моделей протяженных атмосфер*
// А. Костенков, А. Винокуров, Ю. Соловьева

Мы представляем предварительные результаты расчета моделей протяженных атмосфер с истечением вещества и их применение для оценки параметров ветров ярких голубых переменных (Luminous Blue Variables, LBV) и ультраярких рентгеновских источников (ultraluminous X-ray sources, ULXs). Сетки моделей построены для диапазона температур 12000 – 50000 К и темпов потери массы $10^{-6} - 10^{-4}$ масс Солнца в год и представлены в виде диаграмм эквивалентных ширин для выбранных линий водорода, He, C, N, Si и Fe.

Дмитрий Костюнин (Deutsches Elektronensynchrotron)

Обзор результатов черенковской обсерватории H.E.S.S.
// Коллектив обсерватории H.E.S.S.

Система из пяти атмосферных черенковских телескопов H.E.S.S. (High Energy Stereoscopic System), расположенная в Намибии в окрестности горы Гамсберг ведет регистрацию широких атмосферных ливней, рождаемых гамма квантами с энергиями 0.03–100 ТэВ начиная с 2003 года. В данном докладе представлен обзор основных результатов телескопа, также обсуждаются достижения и перспективы многоволновой астрономии с участием H.E.S.S., в частности в свете недавнего ввода в эксплуатацию обсерватории Спектр-РГ.

Дмитрий Костюнин (Deutsches Elektronensynchrotron)

*Использование антенных решеток для измерения
космических лучей в радиоастрономии: создание
прототипа для измерения космологического сигнала
21см на примере Тупка-21см*

// П. Безъязыков, Н. Буднев, О. Гришин, О. Фёдоров, Ю. Казарина, Д. Костюнин, Л. Кузьмичев, С. Малахов, Т. Маршалкина, В. Орешко, М. Пширков, Г. Рубцов, А. Соколов, А. Загородников, Д. Журов

Эпоха от момента рекомбинации до появления первых звёзд является одним из наиболее слабо изученных космологических периодов. Отсутствие источников излучения сильно затрудняет исследование первых нескольких сотен миллионов лет эволюции Вселенной. Наблюдение линии 21 см нейтрального водорода является первым прямым способом получения информации о данном

периоде. В современной Вселенной температура описанного излучения составляет порядка нескольких мК, поэтому эффект трудно различить на фоне синхротронного излучения Галактики. Эксперимент EDGES недавно отчитался об обнаружении данного сигнала на частоте около 78 МГц. В то же самое время идет активное развитие антенных решеток для измерения космических лучей (КЛ), которые ведут запись нескоррелированного электрического поля в широкой полосе частот. В ближайшем будущем размер экспериментов для измерения КЛ сравнится с размерами существующих низкочастотных радиотелескопов, что открывает возможности использования данных установок также для решения астрономических задач, в частности, обнаружения излучения космологического 21см. Из-за специфики изучаемого явления на антенных решетках для измерения КЛ используются отличные от радиотелескопов методы записи излучения, которые необходимо учитывать для решения астрономических задач. В данном постере представлены идеи, расширяющие потенциал антенных решеток для регистрации КЛ и описаны первые попытки применения этих идей на прототипной установке Tunka-21cm.

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

Теория и сравнительный анализ теней вращающихся регулярных черных дыр // И.Г.Дымникова, К.Ю.Краав

В работе рассматривается обширный класс аксиально-симметричных метрик, описывающих геометрию, порождаемую регулярными вращающимися черными дырами. В приближении геометрической оптики мы выводим уравнения распространения света в рассматриваемых гравитационных полях, с помощью которых затем строится общее аналитическое описание контура тени произвольной черной дыры, принадлежащей исследуемому классу. Получены общие формулы расчета координат характерных точек тени, а также с помощью численных методов выполнено сравнение теней двух представителей регулярных черных дыр с тенями черной дыры Керра. В общем случае показано, что тень регулярной черной дыры обладает меньшими размерами, чем тень черной дыры Керра с теми же параметрами.

Вячеслав Иванович Крауз (Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт")

Моделирование формирования головной ударной волны нерелятивистских джетов на установках типа «Плазменный Фокус» // В.И. Крауз НИЦ «Курчатовский институт» В.С. Бескин ФИАН им. П.Н. Лебедева, МФТИ

Лабораторное моделирование струйных выбросов молодых звездных объектов является одним из интенсивно развиваемых направлений. Хорошо известны работы по моделированию этих выбросов с помощью быстрых Z пинчей, мощных лазеров, плазменных пушек и других устройств. Значительный прогресс в последнее время достигнут на установках типа «плазменный фокус» (ПФ). Было показано, что на этих установках выполняются основные законы подобия, необходимые для моделирования астрофизических джетов, что обуславливает правомочность их использования в подобных экспериментах. Одним из достоинств моделирования с использованием ПФ систем является возможность исследования динамики параметров плазменных потоков при их распространении на значительные расстояния в среде, заполненной газом. Это позволяет моделировать динамический процесс формирования ударной волны в зависимости от контраста, скорости джета, распределения магнитных полей и др. В докладе приводится краткий обзор экспериментальных результатов, полученных на трех установках с использованием широкого набора диагностических средств, что позволило построить модель головного сгустка с учетом распределения осевого продольного тока и токов замыкания на периферии джета. Показано, что в случае наложения внешнего полоидального магнитного поля наблюдается значительное увеличение захваченного тороидального поля, что может быть связано, в частности, с вращением плазменного потока. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-29-21006_мк и № 17-02-01184-а).

Юлия Андреевна Кропотина (Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе)

Гибридное моделирование бесстолкновительных ударных волн в плазме с существенной примесью тяжёлых ионов // Ю.А. Кропотина, А.М. Быков

Представлены результаты численного моделирования сверхкритических бесстолкновительных ударных волн с различным углом наклона магнитного поля к нормали. Проведено сравнение динамики ударных волн с одинаковыми числами Маха, замагниченностью и углом наклона, но различным химическим составом. Исследован процесс квазипериодической реформации фронта и скорость рассеивающих центров (волн) за и перед фронтом.

Показано, что в случае водородной плазмы с 50% (по массе) примесью тяжёлых слабо заряженных ионов характерный период реформации фронта и длины волн флуктуаций магнитного поля вблизи фронта масштабируются пропорционально гирочастоте и гирорадиусу ионов примеси. При этом амплитуда флуктуаций магнитного поля оказывается примерно вдвое больше, чем в чисто водородной среде. В то же время скорость рассеивающих центров в предвестнике и за фронтом не зависит от состава плазмы и хорошо согласуется с теоретическими предсказаниями (стоячие вол-

ны за фронтом ударной волны и альвеновские волны в предвестнике).

Алексей Антонович Круглов (Институт Космических Исследований Российской Академии Наук)

Влияние микролинзирования на кривые блеска гравитационно линзированных сверхновых

// Круглов Алексей Антонович

В настоящее время значения основных космологических параметров известны с очень высокой точностью. Однако недавно было обнаружено, что значения постоянной Хаббла, измеренные по реликтовому излучению, не согласуются со значениями, измеренными по сверхновым типа Ia. Для понимания причин этого расхождения необходимо привлечение независимых подходов, способных также с высокой точностью определять фундаментальные космологические параметры. Одной из таких возможностей является использование наблюдений гравитационно линзированных сверхновых. Точность оценки постоянной Хаббла из наблюдений таких систем напрямую зависит от точности определения временных запаздываний между изображениями источника. Существующие в настоящее время методы анализа кривых блеска линзированных сверхновых не учитывают влияние микролинзирования — эффекта гравитационного линзирования на отдельных звёздах, которое приводит к тому, что наблюдаемые кривые блеска при расширении сверхновых испытывают зависящие от времени усиления или ослабления, уникальные для каждого изображения. Данная работа посвящена изучению влияния микролинзирования на кривые блеска гравитационно линзированных сверхновых на примере SN Refsdal. Для различных параметров, характеризующих галактику-линзу, получена большая выборка карт усилений, возникающих вследствие только эффекта микролинзирования. В областях изображений SN Refsdal произведена численная оценка параметров, влияющих на микролинзирование, изучено влияние микролинзирования на кривые блеска сверхновой в рамках модели расширяющегося диска с различным профилем поверхностной яркости.

Олег Алексеевич Куричин (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Уточнение оценки распространенности первичного ^4He

// О.А. Куричин А.В. Иванчик В.В. Клименко

Классический способ вычисления распространенности первичного гелия Y_p состоит в проведении линейной регрессии на диаграмме $Y(O/H)$, где Y — текущее содержание гелия в источнике, а (O/H) — его металличность, и последующей

экстраполяции к нулевой металличности. Полная ошибка Y_p складывается из статистической и систематической составляющих. Размер систематических ошибок определяются измерительными ошибками в спектрах, а статистическая ошибка определяется количеством используемых в регрессионном анализе точек. Каталог SDSS предоставляет спектры с невысоким отношением сигнал-шум, и, как следствие, достаточно большие ошибки. Однако, потенциальное количество используемых спектров уменьшает статистическую ошибку определения Y_p .

В данной работе мы представляем улучшенную оценку Y_p на основе набора высококачественных спектров HeBCD и более 50 дополнительных спектров из каталога SDSS DR15.

Галина Владимировна Липунова (Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В.Ломоносова)

Общая функции Грина ограниченного вязкого диска
// Липунова Г.В.

Функции Грина, важные для анализа динамических систем, в теории аккреционных дисков являются решением однородного линейного уравнения эволюции вязкого диска. Представлена общая функция Грина, описывающая возмущения в аккреционном диске, у которого внутренний и внешний радиусы — конечные величины.

Елена Дмитриевна Мазаева (ФГБУН Институт космических исследований Российской академии наук)

Поиск и наблюдения кандидатов в оптические компоненты гравитационно-волновых событий

LIGO/Virgo // Мазаева Е., Позаненко А., Белкин С., Вольнова А., Минаев П., Кусакин А., Рева И., Румянцев В., Клунко Е., Инасаридзе Р., Тунглаг Н., Шмальц С., Еленин Л., Бурхонов О., Ляпин А., Буренин Р., Литвиненко Е., Новиченок А., Жорниченко А., Аглетдинов В.

Впервые гравитационно-волновой сигнал был зарегистрирован детекторами LIGO 14 сентября 2015 года как результат слияния двух черных дыр с массой около 30 солнечных каждая. В 2017 году детекторами LIGO/Virgo было зарегистрировано первое слияния двух нейтронных звезд GW170817, единственное, для которого был найден оптический компонент. Наблюдения и исследование электромагнитного компонента GW170817 позволило подтвердить несколько гипотез, например о природе коротких гамма-всплесков, килоновых. Поэтому, особый интерес, представляет поиск и наблюдение собы-

тий LIGO/Virgo в электромагнитном диапазоне (от гамма- до радио). Задача поиска электромагнитных компонентов является чрезвычайно сложной, поскольку область локализации событий LIGO/Virgo составляет, в среднем, сотни квадратных градусов, в которой обнаруживается большое количество транзиентных источников различной природы. Мы представляем собственные наблюдения оптических транзиентов в областях локализации гравитационно-волновых событий LIGO/Virgo в циклах наблюдений O2 и O3 в 2017 – 2019 гг. Обсуждается тактика наблюдений, поиск и идентификация оптических транзиентных объектов в областях локализации событий LIGO/Virgo.

Лидия Николаевна Макарова (Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук)

Затухание звездообразования в близких карликовых сфероидальных галактиках // Макарова Л., Макаров Д.

В последние годы мы обнаружили и исследовали ряд изолированных близких карликовых сфероидальных галактик (dSphs). Важно детально рассмотреть такие редкие объекты, поскольку общепринятый сценарий образования dSphs предполагает, что такие галактики образуются из-за взаимодействия между вращающейся иррегулярной карликовой галактикой и хозяйской галактикой размера Млечного Пути. Тогда значительно изолированные карлики должны быть необычным явлением. Тем не менее, мы нашли несколько карликовых галактик, которые являются классическими сфероидальными и расположены в изоляции. Используя наши наблюдения HST/ACS этих объектов, мы единообразно измерили их истории звездообразования (SFH). Мы определили темп звездообразования как функцию времени, а также возраст и металличность звездных популяций. Все объекты демонстрируют сложную SFH, при этом значительная часть звезд сформировалась 10–13 млрд лет назад. Тем не менее, представлены и звезды среднего возраста (1–8 млрд лет). Чтобы понять, как параметры SF влияют на эволюцию dSphs, мы также изучили выборку ближайших dSphs в разном окружении: изолированные объекты ($d < 2$ Мпк); за пределами вириального радиуса Местной группы галактик (LG) (но внутри сферы нулевой скорости LG); и спутники M31, расположенные в пределах вириальной зоны (300 кпк). Используя архивные наблюдения dSphs с HST/ACS и WFPC2, мы измерили их SFH. Сравнительный анализ полученных параметров дает возможность выделить возможное влияние пространственной сегрегации на сценарий эволюции dSphs.

Константин Леонидович Маланчев (Государственный астрономический институт им П. К. Штернберга МГУ)

Fips: просмотрщик FITS-изображений с помощью GPU

// Константин Леонидович Маланчев. ГАИШ МГУ, НИУ ВШЭ
Матвей Викторович Корнилов, ГАИШ МГУ, НИУ ВШЭ

FITS — это формат хранения многомерных численных данных, широко распространённый в астрономии. Одной из основных областей использования FITS является хранение двумерных изображений, причём как необработанных снимков, например полученных ПЗС-камерами, так и являющихся результатами обработки данных, например апертурного синтеза радиоинтерференционных наблюдений. Несмотря на огромные массивы данных, получаемые в астрономии, и различные методики их обработки, на многих этапах работы с данными исследователю необходимо осматривать изображения вручную. Поэтому, разработка новых средств просмотра данных формата FITS является актуальной задачей. Мы представляем новый просмотрщик изображений формата FITS – Fips. Основной особенностью Fips является то, что всё изображение загружается в память графического ускорителя, а дальнейшие манипуляции с изображением, такие как масштабирование, вращение, изменение контраста и т. п., производятся графическим ускорителем. Использование графического ускорителя позволяет разгрузить центральный процессор, а также выполнять все манипуляции с изображением быстро и энергоэффективно. Fips написан на языке C++ с использованием графического фреймворка Qt и доступен на всех основных платформах для персональных компьютеров: Linux, macOS и Windows. Исходный код программы открыт (<https://github.com/matvey/fips3>), бинарные пакеты программы доступны в системных менеджерах пакетов операционных систем Fedora 30 и позднее, openSUSE 15.1 и позднее, в менеджере пакетов для macOS Homebrew, а версия для Windows может быть загружена с сайта проекта.

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

*Сравнение параметров некоторых типов аномальных
пульсаров // И.Ф.Малов, А.П.Морозова*

В течение последних двух десятков лет проводятся интенсивные исследования аномальных рентгеновских пульсаров (АХР) и источников с мягким повторяющимся гамма-излучением (SGR). Природа этих объектов до сих пор остаётся до конца невыясненной. Наиболее распространённой считается модель «магнетара»-нейтронной звезды с магнитным полем на поверхности порядка $10^{14} - 10^{15}$ Гс, выдвинутая ещё в 1992 г. [1]. Однако она не отвечает на целый ряд вопросов, связанных с объяснением их наблюдаемых особенностей [2-3]. В качестве альтернативных предлагались модель аккреции из окружающего звезду диска [4-5] и дрейфовая модель, в которой предполагается существование на периферии магнитосферы нейтронной звезды дрейфовых волн, вызывающих периодическую

модуляцию принимаемого излучения [2,6]. Эти модели тоже не лишены трудностей, и вопрос об адекватном теоретическом описании наблюдательных данных остаётся открытым.

Мы провели анализ различий в распределениях параметров AXP/SGR и «нормальных» радиопульсаров, имеющих периоды $P > 2$ сек и магнитные поля на полюсе $B_p > 4.4 \times 10^{13}$ Гс, и обнаружили ряд отличий спокойных нейтронных звёзд с этими параметрами от звёзд с «магнетарной» активностью.

1. R.C.Duncan, C.Thompson. *Astrophys.J.*, 392, p. L9, 1992.
2. И.Ф.Малов, Г.З.Мачабели. Аномальные пульсары. М, «Наука», 2009.
3. И.Ф.Малов. *А.Ж.*, 89, 32, 2012.
4. J.H.Trümper, J. E.; K.Dennerl, N.D.Kylafis, Ü.Ertan, A.Zezas. *Astrophys. J.*, 764, 49, 2013.
5. Г.С.Бисноваиый-Коган, Н.Р.Ихсанов. *А.Ж.*, 91, 275, 2014.
6. И.Ф.Малов. *А.Ж.*, 87, 1004, 2010.

Валерий Михайлович Малофеев (Физический институт им. П.Н.Лебедева, Пушчинская радиоастрономическая обсерватория)

Поиск и обнаружение 62 новых пульсаров и RRATs на частоте 111 МГц

// Малофеев В.М., Тюльбашев С.А., Тюльбашев В.С., Китаева М.А., Теплых Д.А.

На антенне БСА ФИАН проводится ежесуточный поиск пульсаров в 96-ти пространственных лучах на склонениях от -8 до +42 градусов. В результате успешного обзора обнаружено уже 29 новых пульсаров и 33 транзиента типа RRAT. Первичная обработка гигантского объема данных (150 Тб) показала также наличие более 1000 кандидатов в пульсары и быстрые транзиенты. В результате нашего поиска общее число RRATs возросло на треть. Поиск пульсаров проводится в двух частотно - временных режимах в полосе 2.5 МГц с использованием суммарных Фурье спектров мощности за все дни наблюдений (четыре года), что повысило чувствительность поиска более чем в 30 раз. Кроме новых, мы зарегистрировали более 100 известных пульсаров. Ряд новых источников демонстрирует необычные свойства. До недавнего времени, практически, все быстрые радиотранзиенты типа RRAT были открыты в дециметровом диапазоне длин волн. Здесь мы представляем 33 транзиента, найденных в метровом диапазоне длин волн на мерах дисперсии меньше 100 пс/см^3 в ежедневном, полугодовом мониторинге. Один из этих транзиентов оказался новым пульсаром. Более половины всех транзиентов наблюдались многократно, а у восьми источников удалось найти периоды вращения. В тоже время, мы выяснили, что из 35 транзиентов, обнаруженных на других телескопах, на высоких частотах и попадающих в нашу площадку, мы видим лишь один, а еще два зарегистрированы у нас уже как обычные пульсары, что говорит о важности низкочастотных наблюдений для понимания природы этих объектов.

Евгений Андреевич Малыгин (Казанский Федеральный Университет)

Исследование AGN на $0.1 < z < 0.8$ методом фотометрического эхокартирования // Малыгин Е.А., Шабловинская Е.С., Уклеин Р.И., Гроховская А.А., Перепелицын А.Е.

Метод эхокартирования BLR-газа в AGN основан на измерении временной задержки между континуальным потоком и потоком в широкой эмиссионной линии, и позволяет оценивать такие фундаментальные параметры AGN, как, например, масса центральной сверхмассивной чёрной дыры. Мы применяем метод фотометрического эхокартирования в среднеполосных фильтрах, адаптированный для наблюдений на 1-м телескопе Цейсс-1000 САО РАН для исследования AGN с широкими линиями на красных смещениях $0.1 < z < 0.8$ и приводим предварительные результаты анализа полученных кривых блеска.

Иван Дмитриевич Маркозов (Санкт-Петербургский государственный университет)

Статистические свойства комптоновского рассеяния в сильном магнитном поле
// И.Д. Маркозов, А.А. Муштуков, Д.И. Нагирнер

Комптоновское рассеяние играет важную роль при формировании спектров рентгеновских пульсаров - аккрецирующих нейтронных звёзд с сильным магнитным полем. Величина магнитного поля существенно влияет на сечение рассеяния, что, в свою очередь, определяет характер переноса излучения в атмосфере нейтронных звёзд. В данной работе рассмотрен эффект Комптона в сильном магнитном поле для фотонов различных эллиптических поляризааций. Посчитаны средние значения энергии и импульса фотона после рассеяния, а также дисперсии этих величин. Произведено усреднение по ансамблю электронов, имеющих релятивистское распределение Максвелла по скоростям вдоль поля. Рассмотрено многократное рассеяние в плазме и показаны различия в вычисляемых характеристиках для фотонов, принадлежащих разным поляризациям. Дана качественная интерпретация наблюдаемых особенностей перераспределения фотонов по энергиям в результате рассеяния для различных плазменных мод и указаны эффекты, к которым это может приводить. Результаты данной работы важны для построения численных моделей спектров рентгеновских пульсаров, теоретических предсказаний поляризации их излучения, а также различных гидродинамических задач, возникающих при рассмотрении аккреции на нейтронную звезду, в частности, задачи о расчёте давления излучения на падающее вещество.

Олег Дмитриевич Медведев (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Исследование гамма-пульсара J1932+1916 с помощью обсерватории Chandra

// О.Д.Медведев¹ А.В.Карпова¹ Ю.А.Шибанов¹ Д.А.Зюзин¹ Г.Г.Павлов²

¹ — ФТИ им. Иоффе, Политехническая 26, Санкт-Петербург, 194021, Россия

² — Pennsylvania State University, 525 Davey Lab., University Park, PA 16802, USA

В данной работе представлены результаты обработки и интерпретации новых наблюдательных данных по гамма-пульсару J1932+1916, полученных с помощью космической рентгеновской обсерватории Chandra, а также обзор ранее представленных данных Suzaku и Swift. Проведен спектральный анализ пульсара и его пульсарной туманности. Обсуждается морфология последней, а также возможность ассоциации пульсара и остатка вспышки сверхновой G54.4-0.3.

Павел Минаев (Институт Космических Исследований РАН)

Er – Eiso корреляция и новый метод классификации гамма-всплесков

// П.Ю. Минаев (ИКИ РАН), А.С. Позаненко (ИКИ РАН)

Представлены результаты анализа зависимости $E_{r,i} - E_{iso}$ (корреляции Аматти) для наиболее полной выборки гамма-всплесков с известным красным смещением. Показано, что зависимость описывается степенным законом с единым показателем степени как для коротких (тип I), так и для длинных (тип II) гамма-всплесков, $E_{r,i} \sim E_{iso}^{0.4}$, что может указывать на одинаковый механизм излучения. Благодаря обнаруженным особенностям корреляции разработан новый метод классификации гамма-всплесков на тип I / тип II. Метод классификации основан на использовании параметров $E_{r,i}$, E_{iso} и длительности $T_{90,i}$. Сравнение различных феноменологических методов классификации показало, что новый метод является наиболее устойчивым, а также может быть использован для классификации всплесков с неизвестным красным смещением.

Алексей Михайленко (Московский физико-технический институт)

Влияние теплового разброса частиц на распространение волн в магнитосфере радиопульсаров // Бескин Василий Семёнович Истомин Яков Николаевич Михайленко Алексей Геннадьевич

В работе исследуется влияние температурных эффектов на дисперсионные свойства радиоволн, распространяющихся в магнитосфере радиопульсаров. В случае необыкновенной волны, у которой электрический вектор перпендикулярен внешнему магнитному полю, тепловой разброс частиц плазмы не приводит ни к какому изменению ее свойств. Для обыкновенной моды увеличение температуры не влечет качественного изменения зависимости показателя преломления от угла между волновым вектором и направлением магнитного поля, однако приводит к росту его отличия от единицы, а, значит, к усилению отклонения траектории распространения от прямолинейной. Что же касается двух досветовых мод, которые не могут покинуть магнитосферу радиопульсара, то для них рост теплового разброса частиц приводит к их затуханию на более близких по сравнению со случаем холодной плазмы расстояниях от звезды.

Александр Михайлов (Специальная Астрофизическая
Обсерватория Российской Академии Наук)

Радиосвойства галактик FR0

Исследования последних лет показали, что среди радиогромких АЯГ в ближней Вселенной численно доминируют компактные радиоисточники. В отличие от классических радиогалактик FRI и FRII, в этих объектах редко удается обнаружить признаки протяженных радиоструктур. Поэтому они выделены в отдельный класс FR0. Природа галактик FR0 и их связь с FRI/FRII, а также другими классами компактных радиоисточников (GPS/CSS), остается неясной. Важную роль в решении этой проблемы играют многочастотные радиоданные. С привлечением базы данных CATS и современных низкочастотных каталогов (TGSS, GLEAM, первый релиз данных LoTSS) построены радиоспектры для объектов первого каталога FR0 радиогалактик — FR0CAT. Для 48 из 108 объектов данные на трех частотах и более позволяют классифицировать спектры в диапазоне 150 МГц – 15 ГГц. В большинстве случаев спектры плоские. Около 25% классифицируются как peaked-спектры, ~10% инвертированы. Степенные спектры со значением спектрального индекса > 0.5 составляют около 20%, что означает преимущественную непрозрачность FR0 в радиодиапазоне. Анализ радио и оптических данных показывает, что галактики FR0 следуют фундаментальной плоскости АЯГ, выраженной в эддингтоновских единицах.

Георгий Юрьевич Мозгунов (Институт Космических
Исследований РАН)

*Продлённое излучение космических гамма-всплесков,
зарегистрированных экспериментом*

SPI-ACS/INTEGRAL // Мозгунов Георгий Юрьевич Минаев Павел Юрьевич Позаненко Алексей Степанович

Проведён анализ данных космических гамма-всплесков, зарегистрированных детектором SPI-ACS космической обсерватории INTEGRAL с 2002 по 2017 г. с целью поиска и изучения продлённого излучения в диапазоне энергий свыше 80 кэВ. Продленное излучение более длительное и существенно менее интенсивное, чем излучение активной фазы всплеска; иногда наблюдается после окончания активной фазы. Высокоэллиптическая орбита КА INTEGRAL и стабильная фоновая обстановка позволяет анализировать кривые блеска на больших масштабах времени. Анализировались данные для каждого события: определялась модель фона, производился поиск продленного излучения. Продленное излучение было обнаружено примерно у половины исследуемых событий, как длинных, так и коротких гамма-всплесков. Кривая блеска продленного излучения характеризуется степенным падением со средним показателем степени близким к t^{-1} . Обсуждаются статистические свойства продленного излучения и его возможные физические модели.

Иван Константинович Морозов (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Колебательные решения у вакуумного диода в режиме с полным отражением эмитированных электронов
// В.И. Кузнецов, И.К. Морозов

Радиоизлучение старых пульсаров связывают с генерацией электрон-позитронной плазмы в диодах внутреннего зазора. При этом диод может работать как в стационарном, так и в нестационарном режимах. В работе изучается устойчивость состояний вакуумных диодов с пучком электронов в режиме с полным отражением электронов от потенциального барьера в зависимости от величины межэлектродного расстояния и отрицательного внешнего напряжения. Исследования проводятся численно с использованием высокоточного Е,К-кода. Обнаружено, что при одной и той же величине плазменной области может происходить переход из стационарного в нестационарный режим при увеличении вакуумной области. Можно ожидать, что обнаруженная неустойчивость будет возникать в промежутке между поверхностью нейтронной звезды и катодом пульсарного диода при немонотонном изменении плотности Голдрайха-Джулиана с высотой.

Анна Павловна Морозова (2) Пушчинский государственный естественно-научный институт)

Сравнение параметров некоторых типов аномальных пульсаров // И.Ф. Малов, А.П. Морозова

Проведен сравнительный анализ параметров двух выборок радиопульсаров, одна из них характеризуется периодами $P > 2$ сек, вторая — магнитными полями на поверхности $B_s > 4.4e13$ Гс. Выбор этих значений связан с намерением понять причины отличия нормальных пульсаров от аномальных рентгеновских пульсаров (AXP) и гамма-репитеров (SGR) с аналогичными значениями периодов и магнитных полей. Показано, что зависимость производной периода от периода в долгопериодических пульсарах не согласуется с моделью магнитодипольного торможения и требует привлечения других механизмов. В пульсарах с большими магнитными полями и в AXP/SGR эта зависимость не противоречит магнитодипольной модели. Для пульсаров с $P > 2$ сек эффективность трансформации энергии вращения в наблюдаемое излучение оказывается в несколько раз выше, чем у объектов с более короткими периодами. Пульсары с большими периодами имеют, в среднем, возраст на два порядка выше, чем источники с $B_s > 4.4e13$ Гс и AXP/SGR, и находятся на больших высотах над плоскостью Галактики.

Дмитрий Исидорович Нагирнер (Санкт-Петербургский государственный университет)

Однофотонные процессы в сильном магнитном поле
// Д.И.Нагирнер, Д.Г.Туричина

Выводятся выражения для матричных элементов процессов излучения электроном фотона и рождения электрон-позитронной пары одним фотоном в цилиндрических координатах и обратных процессов. Такие процессы возможны в плазме с сильным магнитным полем. Рассчитываются вероятности переходов, а также коэффициенты эмиссии и ослабления излучения, возникающего при этом. Результаты будут применяться при интерпретации спектров нейтронных звезд.

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

Возбуждение молекул водорода в остатках сверхновых звезд // А. Нестеренок, Д. Боссион, Й. Скрибано, Ф. Лик

В работе проводится анализ данных по излучению H_2 в остатках сверхновых звезд, взаимодействующих с темными холодными облаками. В расчетах используются новые данные по скоростям возбуждения молекул H_2 в столкновениях с атомами H и молекулами H_2 , а также новые данные по скоростям столкновительной диссоциации H_2 . В работе рассматривается возбуждение колебательно-вращательных уровней H_2 в ударной волне, конверсия пара- H_2 в орто- H_2 , диссоциация молекул H_2 . Отношение H/H_2 в газе определяется скоростью ионизации

газа космическим излучением. Столкновения $\text{H}_2\text{-H}$ играют главную роль в конверсии пара-/орто- H_2 , а также, при скоростях ионизации газа космическим излучением более 10^{-15} с^{-1} , в возбуждении колебательных состояний H_2 . Отношение концентраций орто- к пара- H_2 в ударной волне, а также колонковые концентрации молекул H_2 , находящихся на возбужденных колебательно-вращательных уровнях, зависят от скорости ионизации газа космическим излучением.

Евгения Александровна Николаева (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

Исследование спектральной переменности оптической компоненты массивной двойной рентгеновской системы IGR J21343+4738.

// Николаева Е.А., Бикмаев И.Ф., Иртуганов Э.Н., Мельников С.С., Галеев А.И.

В работе представлено исследование спектральной переменности оптической компоненты рентгеновского источника IGR J21343+4738, являющейся Ве-звездой (Бикмаев и др., 2008). Фотометрический и спектральный мониторинг оптической компоненты этой массивной рентгеновской двойной системы ведется с 2006 г. на 1.5-м Российско-Турецком телескопе РТТ-150 в Национальной Обсерватории TUBITAK (Турция). Наблюдения выполнены с помощью прибора TFOSC. Фотометрия получена в белом фильтре, для спектроскопии использована мода среднего разрешения (2.5 \AA). Спектральный диапазон $\lambda\lambda = 4000 - 9000 \text{ \AA}$.

Переменность линии $\text{H}\alpha$ носит сложный характер и отражает динамическую эволюцию экваториального диска звезды. Уменьшение эквивалентной ширины центральной абсорбции линии $\text{H}\alpha$ с 2006 по 2012 г.г. и с 2014 по 2017 г.г. сопровождается падением фотометрического блеска системы, что объясняется ростом радиуса экваториального диска Ве-звезды, затмевающего саму звезду.

Радиус экваториального диска был рассчитан в приближении кеплеровского диска ($j=1/2$) согласно формуле (Huang, 1972). В 2013 г. размер диска достиг максимального значения и был разрушен. С 2014 по 2017 г.г. вновь начался процесс накопления вещества в экваториальном диске звезды и, можно предположить, что в скором времени источник снова вспыхнет в рентгеновском диапазоне.

Список литературы:

1. Бикмаев И.Ф. и др. // Письма в АЖ. 2008. том. 34. с. 653-663.
2. Huang, S.-S. // ApJ. 1972. V. 171. P. 549.

Евгения Александровна Николаева (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

Исследование ULX-пульсара NGC 7793 P13

// Николаева Е.А., Фабрика С.Н., Винокуров А.С., Соловьева Ю.Н.

Выполнен анализ архивных оптических спектров NGC 7793 P13, полученных на телескопе ESO-VLT в 2009-2011 гг. Спектры содержат яркую эмиссионную линию HeII $\lambda 4686$, характер переменной которой указывает на то, что область ее формирования принадлежит сверхкритическому аккреционному диску. Построена кривая лучевых скоростей, анализ которой совместно с данными из литературы, позволил получить следующие параметры системы: полуамплитуда кривой лучевых скоростей аккретора составляет 48 ± 10 км/с, функция массы донора равна $0,738M_{\odot}$, а наклон орбиты — $20,3 \pm 1^{\circ}$.

Александра Константиновна Новинская (Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова; ГАИШ МГУ)

Влияние морфологии родительских галактик на свойства сверхновых типа Ia

// Новинская А.К. Пружинская М.В. Rosnet P. Pauna N.

Работа посвящена проблеме использования сверхновых звезд типа Ia (СН Ia) в космологии. Давно известно, что СН Ia не являются стандартными свечами, однако благодаря существующим эмпирическим соотношениям между светимостью и параметрами кривых блеска сверхновых их удается "стандартизовать". Не смотря на это, до сих пор существует остаточная дисперсия на диаграмме Хаббла, которую можно уменьшить, введя в уравнение стандартизации параметр, описывающий окружение сверхновых. Исследуя крупнейшую выборку космологических СН Ia - Pantheon, включающую 1048 сверхновых на красных смещениях до $z \simeq 2.3$, мы исследуем зависимость параметров кривых блеска сверхновых (параметр цвета и растяжения) от морфологического типа родительской галактики. Определив морфологию подвыборки родительских галактик, удалось выявить тенденцию в зависимости "морфологический тип - параметры кривой блеска СН Ia". Большее значение параметра растяжения соответствует неправильным и спиральным галактикам, а меньшее, соответственно, эллиптическим и линзовидным. Зависимость цвета и морфологического типа не найдена, но можно предположить, что сверхновые краснее в спиральных галактиках из-за наличия большого количества пыли. Эти выводы свидетельствуют о необходимости изменения процедуры стандартизации, а именно учета поправки на морфологический тип родительской галактики, что позволит улучшить точность измерения космологических параметров Вселенной.

Рита Викторовна Новосельцева (Баксанская нейтринная обсерватория Института Ядерных Исследований РАН)

Эксперимент по регистрации нейтринных вспышек на

Баксанском сцинтилляционном телескопе

// Новосельцева Р.В., Новосельцев Ю.Ф.

Эксперимент по регистрации нейтринных вспышек проводится на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе с середины 1980 года. В качестве мишени мы используем две части установки общей массой 240 тонн. Представлено текущее состояние эксперимента и некоторые результаты, связанные с исследованием фоновых событий и стабильности работы установки. За период с 30 июня 1980 года по 30 июня 2019 года чистое время наблюдения составляет 33,48 года. В течение этого времени не было обнаружено ни одного кандидата на коллапс звездного ядра. Ограничение на среднюю частоту сверхновых звезд с коллапсом ядра в нашей Галактике $< 0.069/\text{год}$ (на 90% у.д.).

Елена Нохрина (Московский физико-технический институт)

Оценка параметров активных ядер галактик по наблюдениям изменения в форме джетов

// Нохрина Е.Е., Гурвиц Л.И., Бескин В.С., Накамура М., Ковалев Ю.Ю., Пушкарев А.Б., Асада К., Хада К.

Впервые изменение в форме релятивистских струйных выбросов из активных ядер галактик (АЯГ) было найдено для M87 (Asada & Nakamura 2012). Сейчас известно 13 близких галактик с джетом, меняющим свою форму с параболической на малых расстояниях на коническую на далеких расстояниях от источника (Tseng et al. 2016, Nakahara et al. 2018, Hada et al. 2018, Nakahara et al. 2019, Kovalev et al. 2019). Одним из объяснений наблюдаемого изменения формы является переход релятивистского течения из сильно замагниченного режима в режим равномерного распределения. При этом внешнее давление задается моделью Бонди, и внутри сферы Бонди джет находится в равновесии с давлением внешней среды. Такая интерпретация излома формы джета дает физическое обоснование существованию зоны ускорения и коллимации в выбросах. Сопоставление измеренных характеристик излома (его положения и ширины джета) с формой, полученной в рамках модели, позволяет оценить величину спина черной дыры, полный магнитный поток в джете и амплитуду давления внешней среды.

Игорь Сергеевич Огнев (Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова)

Рождение электрон-позитронных пар в аккреционной колонке рентгеновских пульсаров

// Огнев И.С., Муштуков А.А., Нагирнер И.Д.

Рассмотрена модель ультрамощных рентгеновских источников, основанная на сферически несимметричной аккреции вещества на нейтронную звезду с сильным магнитным полем.

Показано, что если электроны и позитроны формирующейся аккреционной колонки находятся в состоянии термодинамического равновесия, то при температурах несколько десятков кэВ начинается быстрый рост их концентрации. Причем магнитное поле уменьшает температуру, при которой рост пар становится существенным. Данный процесс уменьшает прозрачность среды для фотонного излучения, что, в свою очередь, приводит к еще большему ее нагреванию и рождению дополнительных электрон-позитронных пар. Таким образом, данный процесс может происходить лавинообразно и приводить к резкому увеличению температуры аккреционной колонки и ее рентгеновской светимости. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-72-10070).

Виктор Львович Окнянский (ГАИШ МГУ)

Открытие изменений спектрального типа ядра

NGC1566 // В. Окнянский, Х. Винклер, С. Цыганков, В. Липунов, Е. Горбовской, Ф. ван Вук, Д. Баклей, Н. Тюрина

Мы представляем исследование оптической, ультрафиолетовой и рентгеновской переменности NGC1566, самого близкого меняющего свой тип АГЯ (CL AGN), используя данные обсерватории Swift и глобальной роботизированной сети MASTER в период 2007-2019 гг. Мы также представляем результаты нашей оптической спектроскопии с помощью 1.9-метрового телескопа SAAO в течение 5 ночей в 2018-2019 гг. Драматическое увеличение рентгеновского потока на 1.5 порядка, яркая вспышка в УФ и оптическом диапазонах наблюдалось в течение первой половины 2018 г. После того, как в начале июля 2018 года был достигнут максимум, потоки во всех полосах ослабевали с некоторыми колебаниями. Спектры низкого разрешения (август 2018 г.) показывают значительное усиление широких эмиссионных линий, а также линий высокой ионизации ([FeX] 6374). Эти линии не наблюдались в таком ярком состоянии в прошлых опубликованных спектрах. Изменение типа оптического спектра сопровождалось значительным изменением рентгеновского спектра. В интервале 2018 декабрь-2019 март мы видим драматические ослабления широких эмиссионных и корональных линий. Таким образом, мы наблюдали 2 случая изменения типа (CL) в этом объекте. Обсуждаются возможные интерпретации наблюдаемых драматических изменений.

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

Универсальные свойства моделей максимально массивной нейтронной звезды — новый инструмент

исследования сверхплотной материи // Д.Д. Офенгейм

Изучение сверхплотной материи нейтронных звёзд (НЗ) — одна из фундаментальных задач современной физики. Связь уравнения состояния недр НЗ с её массой и радиусом (основными наблюдаемыми параметрами) осуществляется посредством решения уравнений Толмана-Оппенгеймера-Волкова (гидростатическое равновесие с учётом ОТО). Одним из свойств этих уравнений является существование максимально массивной НЗ (ММНЗ). Плотность и давление в центре ММНЗ — максимально достижимые в звёздных объектах. Радиус ММНЗ, как правило, наименьший среди всех НЗ. Значения параметров ММНЗ сильно зависят от используемой теоретической модели уравнения состояния. Показано, что для широкого класса таких моделей существуют сильные корреляции между массой, радиусом и свойствами вещества (плотностью, давлением, скоростью звука) в центре ММНЗ. Изучены причины возникновения этих корреляций, и получены их аналитические аппроксимации. К последним применены существующие ограничения на свойства ММНЗ, как теоретические (например, условие причинности), так и наблюдательные (масса ММНЗ должна превосходить измеренные массы пульсаров, удовлетворять условиям, получаемым из анализа события GW170817 и его электромагнитного послесвечения, и т.д.). В результате удалось (i) сузить область масс и радиусов НЗ, допустимых согласно принципу причинности; (ii) ограничить снизу радиус ММНЗ; (iii) ограничить область давлений и плотностей, достигающихся в центре ММНЗ. Поддержано грантом РФФ № 19-12-00133.

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

Подавление неустойчивости γ -мод в нейтронных звёздах с гиперонными ядрами

// Д.Д. Офенгейм, М.Е. Гусаков, Р. Haensel, М. Fortin

Известно, что γ -моды колебаний вращающихся нейтронных звёзд (НЗ) неустойчивы по отношению к излучению гравитационных волн. Область частот вращения и температур НЗ, в которой не удаётся подавить неустойчивость за счёт диссипативных процессов в их недрах, называется окном неустойчивости γ -мод; положение его границы зависит от микрофизики сверхплотного вещества в ядре звезды. Наблюдение НЗ в окне неустойчивости маловероятно. Использование простейших моделей НЗ с нуклонным составом ядра приводит к парадоксу: частоты и температуры для многих быстро вращающихся НЗ попадают в окно неустойчивости. Возможное решение парадокса — учёт появления гиперонов в ядрах НЗ. В их присутствии объёмная вязкость вещества ядра, обусловленная неравновесными реакциями взаимного превращения различных частиц, увеличивается на несколько порядков. В данной работе рассчитана объёмная вязкость для современных моделей уравнения состояния сверхплотного вещества, требующих наличия Λ - и Ξ^- -гиперонов в ядре (до сих пор такие расчёты производились

для $\Sigma^- \Lambda$ -состава). Рассмотрены все неравновесные реакции с этими гиперонами, дающие значимый вклад в объёмную вязкость. Некоторые из них обсуждаются в контексте НЗ впервые. Даже при консервативных предположениях о свойствах сверхтекучести барионов получающаяся объёмная вязкость позволяет закрыть окно неустойчивости для частот и температур, соответствующих многим наблюдаемым НЗ, при реалистичных предположениях об их массах. Работа поддержана грантами фонда "Базис" 17-12-204-1 (МЕГ) и 17-15-509-1 (ДДО).

Александр Анатольевич Панфёров (Тольяттинский
государственный университет)

Увлечение релятивистскими струями

// Панфёров, Александр А.

Изучение кинематики релятивистских струй радиогалактик выявляет свойство, известное по лабораторным струям — увлечение окружающего газа, т.е. боковой приток вещества в струю, что косвенно свидетельствует о турбулентности в пограничном слое.

Для струй с узученным трёхмерным распределением скоростей мы показываем, что предположение об их стационарности за вспышечным участком согласуется с законами сохранения. Это позволяет определять изменение потока массы струи и, следовательно, приток массы через пограничный слой, или увлечение. Это увлечение совпадает с нашей аналитической моделью увлечения. Оказывается это совпадение более общо: модель подходит к любым модельным релятивистским струям.

Мария Владимировна Пашенцева (ФГБОУВО «Московский
государственный университет имени М.В.Ломоносова»)

*Анализ магнитных полей аккреционных дисков с
помощью планарного приближения*

// М.В.Пашенцева, Е.А.Михайлов

Необходимость исследования аккреционных дисков возникает в различных астрофизических задачах. Они возникают в окрестности черных дыр, белых карликов и других массивных объектов. Достаточно важную роль в эволюции аккреционного диска играют магнитные поля. Их генерацию можно рассматривать с точки зрения простых моделей, таких, как планарное приближение. Оно было разработано для галактик, но может быть модифицировано и для случая аккреционных дисков. Мы используем в нашей работе стандартные представления о законе вращения и характере турбулентности в данных объектах.

С их помощью мы вычисляем безразмерные управляющие параметры динамо, отвечающие за альфа-эффект и дифференциальное вращение, являющиеся основными причинами действия механизма динамо. По сравнению с галактиками, было учтено, что в аккреционных дисках существуют интенсивные потоки вещества. Нами были построены зависимости магнитного поля от времени и от расстояния до центра при различных значениях динамо-числа, являющегося комбинацией непосредственно наблюдаемых параметров объекта. Было определено критическое значение динамо-числа, гарантирующее рост магнитного поля с точки зрения нашей модели. Показано, что условия генерации для аккреционного диска более мягкие, чем для галактик, что может быть связано с несколько иной структурой течения. Кроме того, показано, что поведение магнитного поля существенно зависит от граничных условий и параметров кривой вращения.

Глеб Александрович Переверзев (Российский Университет Дружбы Народов имени Патриса Лумумбы)

Ограничение на темп затухания магнитных полей одиночных радиопульсаров из минимальных предположений. // Глеб Переверзев (РУДН), Александр Волков (МГУ), Дмитрий Пономарев (МФТИ), Антон Бирюков (ГАИШ МГУ, КФУ)

В работе исследуются 82 одиночных пульсара с независимо определенными возрастными в интервале 0.001 – 10 млн. лет. и известными периодами вращения. Для большинства из них возраст был определен исходя из прослеживания их движения в Галактике (кинематический возраст), а для части — из ассоциации с известными остатками сверхновых. При расчётах применялась МГД-модель замедления вращения НЗ (Philippov et al. 2014) как в части эволюции периода, так и в части эволюции магнитного угла. Для каждого пульсара разыгрывались значения их начальных периодов и начальных магнитных углов, причем последние принимались распределенными изотропно. Это позволило оценить величину интеграла от квадрата магнитного поля по времени от начального до текущего момента для каждого из объектов.

Исследование зависимости этого интеграла от возраста позволило наложить ограничение на величину $\beta < 0.29$ на уровне значимости 99%, где β — показатель степени в законе эволюции магнитного поля, принятого в степенном виде $B(t) \sim t^{-\beta}$. Обсуждается влияние эффектов наблюдательной селекции на результат.

Алексей Евгеньевич Петров (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Моделирование излучения пульсарных туманностей с головными ударными волнами в дальнем

ультрафиолетовом диапазоне // Петров Алексей Евгеньевич, Быков Андрей Михайлович, Осипов Сергей Михайлович

Численное моделирование ускорения электронов и позитронов пульсарного ветра в туманностях пульсаров с головными ударными волнами позволяет объяснить наблюдаемые жесткие спектры синхротронного излучения этих объектов с фотонными индексами $\Gamma < 1.5$ (см. *Vukov et al. 2017*). Излучение ускоренных частиц с пологим спектром $f(E) \propto E^{-s}$, $s < 2$ может достигать дальнего ультрафиолетового диапазона (дальний УФ, 6-10 эВ), в котором обеспечивается их максимальная светимость. С другой стороны, ультрафиолетовое излучение головных ударных волн может производиться нагретым веществом межзвездной среды, излучающим в ряде спектральных линий (C IV 1549 Å, O IV 1403 Å, Si IV 1397 Å, C II 1335 Å, He II 1640 Å). В докладе будут представлены результаты кинетического моделирования спектров частиц и синхротронного излучения туманностей PSR B1929+10 и J1741-2054 и выводы о возможности их регистрации в дальнем УФ с помощью телескопа им. Хаббла с целью выбора в пользу одного из сценариев формирования наблюдаемого спектра.

Георгий Андреевич Пономарёв (Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого)

Моделирование двойного тора пульсарной туманности Вела // Пономарёв Г.А., Левенфиш К.П., Петров А.Е.

Согласно рентгеновским наблюдениям телескопа Chandra, синхротронные карты пульсарных туманностей нередко содержат структуры типа торов. Это может быть один тор, как у туманности пульсара Краб, или два, как у туманности пульсара Вела, которые стабильно наблюдаются многие годы. Предыдущие исследования указали на связь морфологии туманности со свойствами питающего её пульсара. Последующее численное моделирование определило свойства пульсара, при которых могла сформироваться одноторовая туманность Краб. Однако природа двухторовой структуры Велы в настоящее время не ясна. Мы построили численные 2.5D модели туманности Вела и показали, что два её тора могут быть связаны с двумя тороидальными плазменными вихрями, которые образуются в туманности по обе стороны её низко замагниченной экваториальной плоскости. Стабильное (многолетнее) существование таких структур возможно при большом наклонении пульсара Вела ($\alpha \sim 60 - 80$ градусов), низкой замагниченности его ветра ($\sigma \sim 0.01$) и эффективной диссипации магнитной и турбулентной энергий в туманности.

Александр Викторович Попков (Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет))

Обзор полной выборки внегалактических радиоисточников: связь парсековой структуры и широкополосного спектра

// А. В. Попков (МФТИ, АКЦ ФИАН), Ю. Ю. Ковалев (МФТИ, АКЦ ФИАН, MPIfR), Л. Ю. Петров (NASA GSFC), Ю. А. Ковалев (АКЦ ФИАН)

Мы представляем результаты совместного анализа РСДБ-наблюдений и широкополосных радиоспектров для полной выборки внегалактических радиоисточников. В выборку, содержащую 482 источника, включены все источники из каталога NVSS со склонением $> +75$ градусов и плотностью потока на 1.4 ГГц выше 0.2 Ян. Источники выборки были нами отнаблюдены на Very Long Baseline Array (VLBA) на частотах 2 ГГц и 8 ГГц. Также мы использовали широкополосные радиоспектры источников выборки, полученные на РАТАН-600 — как опубликованные другими авторами, так и полученные в рамках нашей наблюдательной программы. Практически у всех источников с плоским спектром излучение с парсековых масштабов, детектируемое VLBA, составляет более половины полного потока. Примерно у 1/5 источников с падающим спектром также обнаружена компактная структура парсековых масштабов, дающая вклад в полный поток от нескольких до 100%. У 5% источников с падающим спектром компактная РСДБ-компонента имеет плоский спектр, что указывает на наличие в центре этих объектов парсековых релятивистских джетов. Остальные продетектированные компактные источники с падающим спектром имеют падающий спектр также и на парсековых масштабах, что свидетельствует, что яркое ядро джета рядом с центральной машиной слабее предела детектирования, и наблюдаемое нетепловое излучение приходит от оптически тонкого джета или горячих точек в радиолобах. Компактность источников коррелирует с амплитудой их переменности, что согласуется с теоретическими предсказаниями.

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

Эффект поглощения гамма-квантов тормозным излучением газа в эллиптических скоплениях галактик

// Попов А.Н., Барсуков Д.П., Иванчик А.В.

В работе рассматривается поглощение высокоэнергичных фотонов при взаимодействии с фотонами теплового тормозного излучения горячего газа в осесимметричных эллиптических скоплениях галактик с образованием электрон-позитронных пар и его возможное влияние на искажение спектра далеких источников. Данным эффектом можно пренебречь в области энергий $E > 100$ ГэВ,

где доминирует взаимодействие с фотонами внегалактического оптического излучения и реликтового излучения. Однако данный процесс может доминировать в диапазоне до 100 ГэВ. В качестве модели скопления взято скопление Abell 1689. Исследована зависимость оптической глубины от ориентации эллипсоида.

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

Возможность изучения фотон-фотонного взаимодействия на Европейском рентгеновском лазере на свободных электронах European XFEL

// А. Н. Попов, Н. О. Безверхний, А. А. Сорокин, С. В. Бобашёв

Обсуждается возможность проведения экспериментальных исследований в области фундаментальной физики на базе уникального инструмента — Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах European XFEL. Проведены расчеты сечения реакции фотон-фотонного взаимодействия с образованием электрон-позитронной пары для гамма-квантов энергией 1 – 100 ГэВ с рентгеновскими фотонами. Проведены оценки возможности экспериментальной регистрации продуктов реакции, а также оценки оптической глубины эффекта взаимодействия гамма-излучения с импульсами излучения лазера. Обсуждаются астрофизические приложения.

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

Уравнение состояния мантии нейтронной звезды

// Дж. М. Пирсон, Н. Шамель, А. Ю. Потехин

Область нейтронной звезды вблизи границы коры с ядром, называемая мантией, может содержать нуклонные кластеры ("атомные ядра") несферической формы. Эти состояния вещества мы исследуем при помощи обобщённого метода Томаса-Ферми на основе функционала плотности энергии ядерной материи BSk24, который выбран как наилучший из функционалов семейства BSk ("Брюссель - Скирм") для построения унифицированного уравнения состояния нейтронной звезды. В нашей предыдущей работе (Pearson et al. 2018), в которой данный функционал использовался наряду с другими, нуклонные кластеры в коре нейтронной звезды предполагались сферическими. Теперь мы включили в рассмотрение несферические кластеры - цилиндрические и пластинчатые. Игнорируя квантовые "оболочечные" поправки

для энергии ядер, мы воспроизводим последовательность фаз вещества в основном состоянии, предсказанную в работах других авторов: с увеличением плотности, сначала сферические кластеры сменяются цилиндрическими, а затем цилиндрические - пластинчатыми. Однако если учесть оболочечные поправки для сферических ядер, то последовательность оказывается более сложной: внутри слоя с цилиндрическими кластерами обнаруживается прослойка со сферическими кластерами. Работа поддержана грантом РФФИ 19-12-00133.

Мария Викторовна Пружинская (Московский
государственный университет имени М.В.Ломоносова)

*Машинное обучение и новые классы астрофизических
объектов* // М.В. Пружинская, К.Л. Маланчев, М.В. Корнилов, Э. Иши-
да, Ф. Мондон, А.А. Вольнова, В.С. Королев

За прошедшее десятилетие астрономия прочно вошла в эпоху массовых обзоров неба, когда в рамках одного обзора на протяжении всего нескольких месяцев или лет удастся измерить характеристики миллиардов галактических или внегалактических источников. В последнее время для анализа таких объемов данных успешно применяются методы машинного обучения. На основе современных методов машинного обучения, совмещенных с экспертной оценкой, нами разработан подход по поиску аномальных объектов в фотометрических каталогах кривых блеска.

Мы апробировали наш подход на выборке кривых блеска объектов Открытого каталога сверхновых (<http://sne.space>). Для поиска аномальных для этой выборки объектов мы использовали как традиционный метод изолирующего леса с последующим экспертным анализом, так и реализацию алгоритма активного поиска аномалий, подразумевающую активное взаимодействие эксперта и машины. Среди найденных аномалий оказались пекулярные сверхновые, сверхъяркие сверхновые, случаи неправильной классификации (квазары, микролинзирование), что подтверждает эффективность работы метода. Кроме того, наш анализ впервые выявил, что 16 объектов выборки, ранее классифицированных как сверхновые, на самом деле, могут являться звездами или квазарами. Разработанный подход можно применить для поиска необычных объектов в каталогах кривых блеска ZTF и LSST.

Александр Борисович Пушкарев (Крымская
астрофизическая обсерватория РАН)

*Магнитные поля парсековых выбросов активных
галактик: 20 лет VLBA наблюдений*

// А.Б.Пушкарев, Ю.Ю.Ковалев, М.Л. Листер, Т. Саволайнен, М.Ф. Аллер, Х.Д. Аллер, М.А. Ходж

На основе данных долгосрочного проекта MOJAVE (Monitoring of Jets in AGN with VLBA Experiments), стартовавшего в 2002 г на системе апертурного синтеза VLBA на частоте 15 ГГц, а также данных архива НРАО, нами получены более 6000 РСДБ изображений в полной интенсивности и линейной поляризации 526 источников. В докладе обсуждаются наблюдаемые свойства линейной поляризации синхротронного излучения релятивистских струй, несущей информацию о конфигурации и пространственном распределении степени регулярности магнитного поля джета. Источники разных спектральных классов, включая квазары, лацертиды и радиогалактики, показывают разное преимущественное направление поля в центральном канале выброса, Ближе к краю струи ориентация поля, вне зависимости от спектрального класса источника, гораздо более согласована и сонаправлена джету. Это указывает на наличие канал-оболочечной структуры объектов. При этом степень поляризации значимо растет как с удалением от начала выброса, так и при приближении к краю струи. В докладе мы обсуждаем возможные причины такого распределения упорядоченности магнитного поля.

Елизавета Борисовна Рыспаева (Крымская астрофизическая обсерватория)

Нетепловое рентгеновское излучение звезд аналогов γ Cas // Е. Б. Рыспаева, А. Ф. Холтыгин

К настоящему времени в Галактике обнаружено ~ 12 загадочных объектов: звезд — аналогов γ Cas. Такие объекты являются подгруппой Oe/Be звезд с аномально высокой температурой плазмы $\sim 10 - 20$ кэВ и переменным на шкале времени от часов до дней рентгеновским излучением. Рентгеновская светимость звезд аналогов γ Cas составляет $10^{32} - 10^{33}$ эрг/с, что на порядок выше, чем у типичных OВ-звезд. Столь высокие температуры плазмы и рентгеновские светимости могут быть обусловлены наличием у звезды вырожденного компонента (белого карлика, нейтронной звезды или черной дыры). Однако ни у одного из известных аналогов γ Cas не были достаточно надежно обнаружены вырожденные компоненты. Считается, что их мощное рентгеновское излучение формируется в области плотного декреционного диска. Мы проанализировали рентгеновские наблюдения 7 аналогов γ Cas, выполненные на спутнике "ХММ-Newton", и обнаружили в их рентгеновских спектрах наличие возможного нетеплового компонента. Наклоны спектров в области энергий > 2 кэВ согласуется с предположением, что жесткое рентгеновское излучение звезд аналогов γ Cas формируется в результате обратного комптоновского рассеяния ультрафиолетовых фотонов на релятивистских электронах, ускоряемых звездным ветром вблизи звездной поверхности, как предположено в модели Chen & White (1991). При учете вклада нетеплового компонента в полное рентгеновское излучение звезд аналогов γ Cas температура плазмы, формирующей тепловую часть

рентгеновского излучения, уменьшаются до типичных для OB-звезд значений.

Александр Салганик (Санкт-Петербургский
государственный университет)

*Свойства рентгеновских пульсаров при низких темпах
аккреции.* // Салганик Александр Цыганков Сергей Сергеевич

Исследование спектральных и временных свойств рентгеновских пульсаров и аккрецирующих миллисекундных пульсаров в низком состоянии позволяет изучать не только взаимодействие их магнитосферы с аккреционным потоком, но и внутреннее строение нейтронных звёзд, измерять их основные параметры. Характерным проявлением этого взаимодействия является переход источника либо в "режим пропеллера когда вещество останавливается вращающейся магнитосферой нейтронной звезды, либо в режим аккреции из холодного слабоионизированного диска. Для статистически полного исследования указанных эффектов нами было проведено исследование набора рентгеновских пульсаров с различными периодами вращения, используя данные телескопа Chandra. Полученные результаты обсуждаются в рамках существующих теоретических моделей.

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

*Наблюдения сверхдлинных гамма-всплесков в
эксперименте Конус-Винд*

// Д. С. Свинкин, Д. Д. Фредерикс, Р. Л. Аптекарь, С. В. Голенецкий, М. В. Уланов, А. Е. Цветкова, А. Л. Лысенко, А. В. Ридная, Т. Клайн, К. Орли

Ультра-длинные гамма-всплески (ulGRBs, с длительностью $\gtrsim 1000$ с) являются редким подклассом длинных гамма-всплесков. Конус-Винд, благодаря стабильному фону и отсутствию затенений Землёй, позволяет наблюдать ulGRB в диапазоне энергий 20-1500 кэВ без ограничения длительности события. В докладе представлены результаты ретроспективного поиска ulGRB в непрерывной записи Конус-Винд, охватывающей период 1994-2019 гг. Приводятся временные и спектральные характеристики 17-и сверхдлинных гамма-всплесков в системе наблюдателя и источника всплеска. В заключение обсуждается однородность популяции сверхдлинных всплесков их связь с основной популяцией длинных гамма-всплесков, зарегистрированных Конус-Винд.

Ксения Ильдаровна Смирнова (Уральский Федеральный Университет)

Поиск корреляций в различных диапазонах в галактиках с H₂O мазерами и без них. // Смирнова Ксения Ильдаровна Парфёнов Сергей Юрьевич Волков Константин Валерьевич

В работе представлено исследование характеристик потоков ультрафиолетового, инфракрасного и радио диапазонах галактик, в которых наблюдаются мазеры молекулы воды (H₂O), и дано их сравнение с характеристиками, полученными для галактик, в которых мазеры H₂O не обнаружены.

В работе рассмотрены две выборки галактик: галактики с мазерным излучением, другая — галактики без мазерного излучения. С помощью апертурной фотометрии получены потоки излучения порядка двадцати галактик на различных длинах волн, используя обзор SINGS и KINGFISH, и еще около сорока галактик из обзора WISE. На основе полученных данных проведен анализ зависимостей между потоками на различных длинах волн. Предварительный анализ результатов показал, что галактики, в которых детектируются мазеры H₂O, демонстрируют корреляции между потоками в разных диапазонах от ультрафиолетового до дальнего ИК-диапазона. Эти зависимости аналогичны тем, что показывают галактики без водяных мазеров. Но стоит отметить, что галактики, содержащие мазеры воды показывают более высокие отношения потоков 24 к 8 мкм.

Анастасия Михайловна Сыпкова (Санкт-Петербургский государственный университет)

Поиск и исследование кандидатов в планетарные туманности в карликовой галактике NGC 3077
// Сыпкова А.М., Моисеев А.В.

Исследование популяции планетарных туманностей в галактиках ранних типов актуально как для измерения металличности газа, так и для изучения внутренней галактической кинематики. Близкая карликовая эллиптическая галактика NGC 3077 — один из интереснейших членов богатой газом группы галактик M 81, но отождествление планетарных туманностей в NGC 3077 до сих пор не выполнено. Мы использовали изображения галактики, полученные с помощью фотометра с перестраиваемым фильтром MaNGaL на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ для определения ионизационного состояния газа компактных эмиссионных объектов. Отношение эмиссионных линий в большей части найденных нами источников в линии [OIII] соответствует кандидатам в планетарные туманности. Также нами проведен анализ архивных спектроскопических данных, полученных с помощью многорежимного фокального редуктора первичного фокуса 6-м телескопа CAO РАН SCORPIO-2. Три

из найденных кандидатов попали на щель спектрографа. Был выделен их интегральный спектр, измерено отношение эмиссионных линий. Спектры выделенных источников соответствуют ожидаемому для планетарных туманностей.

Артём Сергеевич Танашкин (ФГБУН Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН)

Первые радиоинтерферометрические наблюдения пульсара B1727-47 на LBA

// А. С. Танашкин, А. Ю. Кириченко, П. С. Штернин, Ю. А. Шибанов, М. А. Воронков, Д. А. Зюзин, А. А. Даниленко

В докладе представлены первые результаты наблюдательной кампании, ведущейся на австралийском радиоинтерферометре Large Baseline Array (LBA) и направленной на определение характеристик радиопулсара B1727-47. Имеющиеся данные о расстоянии до этого объекта и его собственном движении свидетельствуют об исключительно высокой скорости его движения в пространстве, не менее 2000 км/с. Между тем, основанная на измерениях меры дисперсии текущая оценка расстояния до пульсара зависит от используемой модели распределения электронной плотности на луче зрения. Независимое измерение расстояния параллактическим методом позволит определить истинную пространственную скорость пульсара и уточнить существующую модель распределения электронной плотности в Галактике. На основании результатов первых двух из восьми запланированных эпох наблюдений выполнены оценки систематических ошибок определения положения пульсара, свидетельствующие о принципиальной возможности измерения параллакса, а также с высокой точностью измерено его собственное движение, согласующееся с ранее полученными из тайминга и наблюдений на Australia Telescope Compact Array (ATCA) значениями.

Ксения Николаевна Теликова (Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Уширение абсорбционных линий в межгалактическом веществе на масштабах джонсовской длины

// К.Н. Теликова, С.А. Балашев, П.С. Штернин

Считается, что зависимость температуры от плотности — или же эффективное уравнение состояния — для МГС в постреионизационную эпоху (на красных смещениях $z < 6$) имеет степенной вид $T \sim \rho^{\gamma-1}$. Эволюция эффективного уравнения состояния МГС с красным смещением отражает характер формирования структуры Вселенной и динамику процессов реионизации. Один из методов изучения эффективного уравнения состояния МГС — анализ линий поглощения

нейтрального водорода в спектрах квазаров, так называемых линий Ly α леса. Как было показано ранее, уширение профилей линий Ly α леса определяется не только распределением по скоростям атомов нейтрального водорода в абсорбционной системе (как чисто тепловым, так и пекулярными движениями), но и пространственной структурой облаков МГС, за счёт космологического расширения. Представленная работа развивает предыдущую работу [1], основанную на предположении исключительно тепловой природы минимально возможного уширения абсорбционных линий. Мы измеряли уширение абсорбционных линий с учетом размытия на масштабах джинсовской длины в МГС для большой выборки спектров квазаров высокого разрешения и получили оценку на джинсовскую длину, скорость фотоионизации водорода и параметры эффективного уравнения состояния МГС в диапазоне красных смещений $z = 2 - 4$.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-72-00110.

[1] Telikova K.N., Balashev S.A., Shternin P.S., «Estimation of the temperature-density relation in the intergalactic medium at $z \sim 2 - 4$ via Ly α forest», J. Phys.: Conf. Ser., V. 1135, article id. 012010 (2018)

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

*Особенности радиоизлучения новых пульсаров и
суммарные спектры мощности*

// Теплых Д.А. Малофеев В.М. Тюльбашев С.А. Китаева М.А. Малов О.И.

Пульсарная поисковая программа, организованная на БСА ФИАН на частоте 111 МГц, основанная на ежедневном мониторинге участка неба ($-9^\circ < \delta < 42^\circ$) уже позволила обнаружить 31 новый пульсар (Tyul'bashev et al., 2016, 2017). Учитывая продолжительность мониторинга в течение более четырех лет эти поисковые наблюдения должны быть особенно эффективны для обнаружения объектов с переменным излучением. Несколько новых пульсаров демонстрируют особенности радиоизлучения, такие как сильная импульсная модуляция, дрейф субимпульсов, явление «нуллинга» и вспышечная активность. Представлены примеры пульсаров с особенностями излучения. Эти же данные используются для поиска пульсаров с помощью Фурье спектров. Для повышения чувствительности поиска пульсара суммируется 500 – 600 спектров мощности за разные дни наблюдений. В интегрированных спектрах известных пульсаров, помимо ожидаемого улучшения отношения сигнал/шум для частотных гармоник, были обнаружены некоторые особенности. Наблюдаемые детали в интегрированных спектрах мощности связаны с наличием периодов пульсаров второго (P_2) и третьего (P_3) классов. Получены эмпирические соотношения для расчета этих периодов. P_2 оценивается для большей части нашего списка пульсаров и P_3 для одной трети. Около трети этих оценок были сделаны впервые (Malofeev&Tyul'bashev, 2018).

Мария Андреевна Тимиркеева (Пушчинская
радиоастрономическая обсерватория)

О жестком излучении радиопульсаров

// М.А. Тимиркеева, И.Ф. Малов

Было проведено сравнение четырех групп пульсаров: радиопульсаров (R), гамма-пульсаров (γ), радиогромких гамма-пульсаров ($\gamma + R$) и рентгеновских радиопульсаров ($X + R$). Показано, что магнитные поля на световом цилиндре на два порядка выше у пульсаров с жестким излучением ($\langle \log B_{lc} \rangle \sim 4$) по сравнению с обычными радиопульсарами ($\langle \log B_{lc} \rangle = 1.75$). Потери энергии вращения в этих объектах отличаются гораздо больше ($\log dE/dt \sim 35$ и 32.60 соответственно). Сделан вывод о том, что генерация жесткого излучения происходит на световом цилиндре и может быть вызвана синхротронным механизмом.

Николай Александрович Тихонов (Специальная
астрофизическая обсерватория Российской академии наук)

*Звездный состав и TRGB расстояние сейфертовской
галактики NGC1672*

// Тихонов Н.А., Галазутдинова О.А., Шолухова О.Н.

Предположительно считается, что спиральная сейфертовская галактика NGC1672 может входить в состав группы галактик Dorado. Неопределенность состоит в отсутствии надежных данных о расстоянии до этой галактики. Используя архивные снимки космического телескопа Хаббла мы провели звездную фотометрию галактики и её окрестностей. TRGB методом измерено точное расстояние до NGC1672 ($D = 15.7$ Мпк), что доказывает принадлежность этой галактики группе Dorado. На диаграммах Герцшпрунга-Рессела выделены звезды разной светимости и изучено их распределение по телу галактики. Бурное звездообразование в NGC1672 вероятно можно объяснить взаимодействием с карликовой галактикой, следы которого наблюдаются в асимметрии распределения ярких молодых звезд. В некоторых областях звездообразования наблюдаются звезды высокой светимости (до $M_V = -10$), имеющие, вероятно, очень большие массы.

Екатерина Токарева (ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

*Распределение начальных магнитных углов одиночных
пульсаров* // Е. Токарева (НИЯУ МИФИ), А. Бурмистрова (СПб-ГУ), А. Бирюков (ГАИШ МГУ, КФУ)

Были впервые получены совместные оценки начальных значений углов между магнитной осью и осью вращения пульсара (магнитных углов), а также периодов для 33 одиночных радиопульсаров с известными кинематическими возрастaми (в интервале 0.1-10 млн. лет). При расчётах применялась МГД-модель замедления вращения НЗ (Philippov et al. 2014) как в части эволюции периода, так и в части эволюции магнитного угла. Также учитывалось затухание магнитного поля, в форме $B(t) = B_0(1 + t/10kyr)^{-\beta}$ с показателем $\beta > 0$. Было обнаружено, что распределение начальных магнитных углов значительно отличается от равновероятного. Так, пульсары с углами в интервале 0-10 и 80-90 градусов рождаются значительно реже пульсаров с начальными углами в интервале 40-60 градусов. В то же время для объектов выборки не было обнаружено зависимости начального магнитного угла от начального периода. Однако, это скорее является следствием больших ошибок измерений кинематических возрастов, нежели указанием на реальное отсутствие такой зависимости. Наконец, было получено ограничение на параметр $\beta < 0.2$ из соображений непротиворечивости наблюдательных данных (текущих магнитных углов, параметров вращения и возрастов отдельных пульсаров) используемой модели замедления.

Константин Алексеевич Тощенко (Институт
теоретической и экспериментальной физики имени А.И.
Алиханова НИЦ Курчатовский Институт)

*Гравитационное микролинзирование на скоплениях
первичных черных дыр*

// Тощенко Константин Алексеевич, Бакланов Петр Валерьевич

Одной из современных проблем физики и космологии является проблема скрытой массы Вселенной. Существуют различные модели, описывающие скрытую массу. Одной из таких моделей является модель скопления первичных черных дыр (ПЧД). Мы исследовали эффект гравитационного микролинзирования звезд фона (SMC, LMS, M31). Микролинзирование — это явление изменения яркости звезд фона из-за воздействия гравитационного поля линзы. Мы обнаружили, что для модели скопления ПЧД имеются характерные особенности в кривых блеска отличные от кривых блеска для одиночных черных дыр. Эти отличия позволяют проводить поиск скопления в наблюдательных данных.

Виктория Александровна Фёдорова (Пушчинская
радиоастрономическая обсерватория им. В. В. Виткевича
АКЦ ФИАН)

Измерение рассеяния быстрых радиовсплесков на

частоте 111 МГц // Фёдорова В.А., Родин А.Е.

В докладе приводятся результаты измерения величины рассеяния от меры дисперсии для быстрых радиовсплесков, зарегистрированных на частоте 111 МГц. Первоначально была установлена зависимость рассеяния от меры дисперсии для радиовсплесков на частоте 1.4 ГГц (по данным FRB Catalogue). На следующем этапе была построена аналогичная зависимость для быстрых радиовсплесков на частоте 111 МГц. Сравнение зависимостей рассеяния от меры дисперсии на 1400 и 111 МГц показало, что в пределах погрешности эти зависимости сходны и значительно отличаются от зависимости рассеяния для галактических объектов.

Холтыгин Александр Федорович (Санкт-Петербургский
государственный университет)

Предшественники радиопульсаров и магнитаров

// Е. Макаренко, А. Игошев, А. Холтыгин, Я. Счисляева

Обзор недавних измерений магнитных полей звезд ОВА показывает, что их магнитные поля распределены по логнормальному закону со средним значением магнитной индукции $\log(B) \sim 0.5$ (В в кГс) и дисперсией $\log(\sigma) \sim 0.25$. Мы моделируем эволюцию ансамбля массивных магнитных звезд в Галактике и распределение звездных радиусов, возрастов, масс, температур, эффективных магнитных полей и магнитных потоков ОВА звезд на главной последовательности (ГП) с учетом эволюции магнитных полей звезд. Сравнение модельных распределений магнитных полей, с полученными из анализа недавних измерений магнитного поля звезд ранних спектральных классов, показывает, что эволюция магнитных полей массивных звезд медленная или вовсе отсутствует. Основываясь на этом результате, мы утверждаем, что наблюдаемая доля магнитных звезд на ГП в основном определяется физическими условиями на стадии звездной эволюции PMS. Форма функции распределения магнитного поля ОВА звезд аналогична распределению магнитных полей нейтронных звезд. Это вероятно означает, что магнитное поле нейтронной звезды определяется в существенной степени магнитным полем ее предшественника, массивной ОВ-звезды. Все ОВА звезды можно разделить на магнитные с магнитными полями в сотни гаусс и в килогауссы и слабо-магнитные с индукцией в несколько гаусс и в доли гаусса. Мы предполагаем что первая группа звезд является предшественниками магнитаров, а вторая – предшественниками радиопульсаров.

Ирек Мунавирович Хамитов (Национальная обсерватория
ТЮБИТАК, Турция)

*Исследование скоплений галактик Планка методом
многообъектной спектроскопии на телескопе PTT150*

// Хамитов И.М., Бикмаев И.Ф., Буренин Р.А., Глушков М.В., Ляпин А., Мельников С.С. (Национальная обсерватория ТЮБИТАК, Турция; Казанский Федеральный Университет, Россия; Академия наук РТ, Татарстан, Россия; Институт космических исследований РАН, Россия)

В скоплениях галактик основной массив галактик сосредоточен в области до 1 Мпс с максимумом около 0.5 Мпс (Capasso et al., 2019). Таким образом, на красных смещениях более 0.17 максимальное количество членов скопления, как правило, сосредоточено внутри $3'$ вокруг ярчайшей галактики скопления (BCG). Техника спектральных наблюдений скоплений галактик с помощью многообъектных спектрометров (МОС) является наиболее эффективной по затратам телескопного времени. Масштаб изображения в фокальной плоскости телескопа РТТ150 в фокусе Кассегрена ($F/7.7$) составляет $17.8''/\text{мм}$. Таким образом из-за ограничений по физическим размерам оптоволоконных головок, в исследовании скоплений галактик методом МОС на РТТ150 возможно использование только коротких щелей в стационарной маске. В данной работе мы представляем результаты наблюдений членов скопления галактик спутника ПЛАНК из расширенного каталога под номером 412 (Буренин, 2017) на телескопе РТТ150 с использованием многощелевой маски. Спектроскопически отождествлены и измерены красные смещения для 9 членов скопления. Определено, что за 10000 сек суммарной экспозиции точность определения красных смещений 0.001 (достаточная для космологических исследований), достигается для эллиптических галактик с блеском в g -полосе до 19.5 звездной величины. Реализованная на РТТ150 техника МОС будет эффективно применяться и для оптической поддержки источников СРГ.

Благодарности. Авторы благодарят ТЮБИТАК, ИКИ, КФУ и АН РТ за частичную поддержку в использовании РТТ150 (Российско-Турецкий 1.5-м телескоп в Анталии).

Алёна Дмитриевна Хохрякова (Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова)

Возможность регистрации слияний нейтронных звезд и белых карликов с помощью eROSITA и ART-XC

// Хохрякова А.Д., Попов С.Б.

Слияния нейтронных звезд и белых карликов являются относительно частыми явлениями, превосходящими другие типы слияний компактных объектов (нейтронные звезды и черные дыры без белых карликов) вместе взятые. Такое событие потенциально может произвести не только оптический, но и рентгеновский всплеск. Транзиентный источник CDF-S XT2 [1] может быть примером такого типа событий, как предложено в [2]. В этой работе мы оцениваем темп таких транзиентов в поле зрения рентгеновских инструментов на борту спутника СРГ. Мы показали, что за 4 года обзорной программы в поле зрения eROSITA может появиться несколько тысяч событий, относящихся к слияниям нейтронных звезд с белыми карликами. Коллимация рентгеновского излучения может уменьшить

это число. Меньшее, но сопоставимое число транзиентов ожидается в случае телескопа ART-XC. Однако, из-за относительно короткой продолжительности - 10^4 с - в основном такие транзиенты будут видны лишь в одном скане телескопа (~ 40 с), и поэтому ожидается, что будет обнаружено лишь несколько фотонов, что делает надежную идентификацию без дополнительной информации затруднительной.

[1] Y.Q. Xue et al. A magnetar-powered X-ray transient as the aftermath of a binary neutron-star merger. *Nature*, 568(7751):198–201, Apr 2019.

[2] R. Fernandez et al. Nuclear-dominated accretion flows in two dimensions - II. Ejecta dynamics and nucleosynthesis for CO and ONe white dwarfs. *MNRAS*, 488(1):259–279, Sep 2019.

Дмитрий Олегович Чернышов (Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки Физический
институт им.П.Н. Лебедева РАН)

*Взаимодействие космических лучей с молекулярными
облаками* // Догель, В.А., Чернышов Д.О., Ивлев А.В., Малы-
шев Д., Strong, A.W., Cheng, K.S.

Молекулярные облака играют важную роль в исследованиях космических лучей. За счет своей высокой массы и плотности они могут быть использованы как "космические калориметры позволяющие оценить плотность космических лучей в удаленных от Земли областях Вселенной. Однако для проведения корректной оценки необходимо знать, как именно заряженные частицы проникают в области с большой плотностью газа. Поскольку данные частицы испытывают в облаках значительные энергетические потери их плотность там меньше в сравнении с межзвездной средой. Градиент плотности частиц приводит к формированию уравнивающего потока из межзвездной среды внутрь облака. Данный поток подвержен потоковой неустойчивости и приводит к возбуждению МГД волн. Таким образом, задача о взаимодействии космических лучей с молекулярными облаками является нелинейной и должна учитывать турбулентность, возбужденную самими лучами. Мы предлагаем простое аналитическое решение данной задачи, которое по известным данным о межзвездной среде и конкретном молекулярном облаке позволяет оценить поток частиц в само облако. При этом выражение для потока является универсальным - поток зависит от характеристик среды, но практически не зависит от плотности или спектральных свойств космических лучей в окрестности облака.

Мария Александровна Чернякова (Дублинский городской
Университет)

*Широкополосное излучение от гамма-громких двойных
систем* // Чернякова М.А., Малышев Д.

Несмотря на активные поиски последнего десятилетия на данный момент обнаружено всего 10 двойных систем излучающих в ТэВ диапазоне. В данном докладе будут рассмотрены временные и спектральные особенности этих систем на основе последних наблюдений в оптическом, рентгеновском и гамма диапазонах.

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

*О эффективности глубокого прогрева коры
аккрецирующих нейтронных звёзд*
// А.И. Чугунов, М.Е. Гусаков (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Доклад посвящен аккрецирующим нейтронным звёздам. Получена простая общая формула для энерговыделения на один нуклон за счет неравновесных ядерных реакций в коре аккрецирующей нейтронной звезды. Показано, что энерговыделение определяется запасом гравитационной энергии, который сохраняется у аккрецированного вещества после падения на звезду. Это происходит из-за большей, по сравнению с равновесной корой, толщиной аккрецированной коры. Эффективность нагрева не зависит от деталей ядерной эволюции аккрецированного вещества в толще коры. В частности, продемонстрировано, что формула согласуется (и уточняет) результаты, полученные в широко используемом традиционном подходе к моделированию аккрецирующих нейтронных звёзд (см. критику этого подхода в докладах [1,2]). Получено энерговыделение для термодинамически согласованной модели коры нейтронной звезды, представленной в докладе [2]. Показано, что оно оказывается в несколько раз меньше, чем в традиционном подходе.

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-12-00133. — [1] Н.Н. Щечилин, А.И. Чугунов, Существенная роль диффузии нейтронов в коре аккрецирующей нейтронной звезды, конференция HEA 2019

[2] М.Е. Гусаков, А.И. Чугунов, Термодинамически согласованное уравнение состояния коры аккрецирующей нейтронной звезды, конференция HEA 2019

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

Универсальный верхний предел на модуль упругости

коры нейтронной звезды // А.И. Чугунов, (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

В докладе обсуждаются упругие свойства коры нейтронной звезды в приближении статического Кулоновского кристалла (ионы рассматриваются как точечные заряды, электронным экранированием и движением ионов пренебрегается). В начале доклада рассмотрен тензор упругости идеального кристалла и показано, что он имеет дополнительную симметрию, которая не зависит от типа кристаллической решетки и состава. Как частное следствие этой симметрии показано, что эффективный (усредненный по Войту) модуль упругости поликристалла равен $-2/15$ от плотности Кулоновской (Маделунговской) энергии в недеформированном состоянии. Этот результат применим даже в случае неупорядоченной многокомпонентной структуры коры. Использование правила линейного смешивания и модели ионной сферы позволяет предложить универсальный верхний предел на эффективный модуль упругости поликристаллической или неупорядоченной коры нейтронной звезды, который может быть записан как $\sum_i 0.12n_i Z_i^{5/3} e^2 / a_e$. Здесь суммирование ведется по типам ионов, n_i и Z_i концентрация и заряд иона i . Наконец $a_e = (4\pi n_e / 3)^{-1/3}$ радиус электронной сферы. Условие квазинейтральности $n_e = \sum Z_i n_i$ предполагается выполненным.

Елена Сергеевна Шабловинская (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Активные ядра галактик в поляризованном свете - современное состояние // Шабловинская Е. С. Афанасьев В. Л.

Обсуждается важность применения методов поляриметрии для изучения геометрии, кинематики и физических процессов в активных ядрах галактик (AGN) в поляризованном свете. Поскольку центральные области AGN геометрически неразрешимы, поляриметрия является важным дополнением к прямым изображениям, спектрам и временным рядам переменности. Подробно рассмотрены поляриметрические методы исследования AGN в широких линиях водородного ряда. Поляризация содержит информацию о взаимодействии электромагнитных волн с окружающей средой, поэтому изучение источников в поляризованном свете дает дополнительную информацию о физических процессах в центральных областях AGN. Дан обзор механизмов формирования поляризации, их связи с различными структурами и масштабами. Описана методика поляриметрических наблюдений, трудности учета деполяризации, вносимой различными средами на пути между источником и наблюдателем, а также примеры наблюдений поляризации в различных типах AGN.

Елена Сергеевна Шабловинская (Специальная астрофизическая обсерватория РАН)

Рентгеновское излучение килопарсековых джетов галактик NGC 315 и NGC 6251.

// Бутузова М.С. (КрАО РАН) Шабловинская Е.С. (САО РАН)

Мы предполагаем, что рентгеновское излучение ближних к активному ядру частей килопарсековых джетов радиогалактик NGC 315 и NGC 6251 образуется за счет обратного комптоновского рассеяния радиоизлучения, образовавшегося в их ультрарелятивистских парсековых джетах. Это позволяет наиболее просто объяснить наблюдаемые свойства джетов. А именно, морфологию и распределение интенсивностей вдоль джетов в радио- и рентгеновском диапазонах, форму распределения энергии в спектре джетов. Также определены угол с лучом зрения и скорость килопарсековых джетов, которые согласуются с другими независимыми оценками. Полученные результаты указывают на то, что предполагаемый механизм образования рентгеновского излучения может действовать во многих килопарсековых джетах активных галактик.

Ольга Николаевна Шолухова (ФГБУН Специальная астрофизическая обсерватория)

Массивные звёзды в галактике M31. Многообразие видов.

// Шолухова О.Н., Фабрика С.Н., Саркисян А.Н.

В последние несколько лет произошел прорыв в классификации звезд высокой светимости, занимающих верхнюю часть диаграммы Гершпрунга-Рессела. Мы представляем эту диаграмму для массивных звезд галактики M31, включая несколько различных типов звезд с эмиссионными линиями: подтвержденных ярких голубых переменных (LBVs), кандидатов LBVs, B[e]-сверхгигантов и теплых гипергигантов. Чтобы отнести звезду к одному из подклассов необходимо долговременный фотометрический и спектральный мониторинг в оптической и инфракрасных областях. Мы представляем исследования LBV-кандидатов в M31, основываясь на данных 6-м телескопа, 3.5-м телескопа Апачи Поинт и архивных данных. Мы оцениваем их температуры и светимости по спектральным распределениям энергии и делаем выводы о массах и возможном эволюционном статусе.

Андрей Евгеньевич Штыковский (ИКИ РАН)

Наблюдение массивных двойных пульсаров по данным космической обсерватории SRG/ART-XC: первый взгляд

// Штыковский А.Е. Арефьев В.А. Лутовинов А.А., Мольков С.В., Павлинский М.Н.

Представлены результаты исследования спектральных и временных свойств излучения рентгеновских пульсаров в массивных двойных системах ОАО 1657-415, 4U 1538-522 и 2RXP J130159 по данным обсерватории SRG/ART-XC в рентгеновском диапазоне энергий 4-25 кэВ. Наряду с подробным анализом временных и спектральных характеристик пульсаров, произведена оценка характеристик обсерватории SRG/ART-XC для изучения объектов такого рода.

Николай Николаевич Щечилин (Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе Российской академии наук)

Существенная роль диффузии нейтронов в коре аккрецирующей нейтронной звезды // Щечилин Николай Николаевич, Чугунов Андрей Игоревич ФТИ им. А.Ф. Иоффе

В работе изучаются ядерные реакции в коре аккрецирующих нейтронных звёзд, входящих в маломассивные рентгеновские двойные системы. Исследование проведено в рамках широко используемого традиционного подхода, пренебрегающего диффузией и выявило его несогласованность. Для расчета ядерной эволюции аккрецированного вещества использована упрощенная схема ядерных реакций. Показано, что эта схема успешно воспроизводит результаты детальных исследований Лау и др. (2018, ApJ, 859, 62), тем не менее результат зависит от используемой массовой модели и способа рассмотрения границ массовых таблиц. Однако, в областях, где протекают пикноядерные реакции, происходит падение локального химического потенциала электронов с ростом плотности. В результате, в отсутствие диффузии, нарушается уравнение механического равновесия атомных ядер (все силы - гравитация и сила Кулона направлены вниз и не могут быть уравновешены градиентом химического потенциала ядер). Это говорит о несогласованности традиционного подхода, и свидетельствует о неизбежности существования диффузионного потока свободных нейтронов относительно атомных ядер в коре аккрецирующих нейтронных звёзд. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-12-00133.

Владислав Юрьевич Юрченко (ФТИ им. Иоффе РАН)

Реакция $p(p, e^+ \nu_e)d$ в первичном нуклеосинтезе
// Юрченко В.Ю.

Произведён анализ эффективности реакции образования ядра дейтерия в результате столкновения протонов $p(p, e^+ \nu)d$ в эпоху первичного нуклеосинтеза. Обнаружено, что при температурах выше неск. млрд К объёмная скорость этой реакции (в $\text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$) превосходит скорости большей части из двенадцати важнейших реакций первичного нуклеосинтеза. Тем не менее эта реакция на 18 порядков медленнее, чем основная реакция наработки дейтерия в этот период.

Алексей Анатольевич Ярков (Ярославский
государственный университет им. П.Г. Демидова)

Затухание фотона в сильно замагниченной плазме.
// Ярков А.А., Румянцев Д.А., Чистяков М.В.

Исследован процесс распространения электромагнитной волны в сильно замагниченной, зарядово-симметричной плазме. Учитывая изменение дисперсионных свойств фотона в магнитном поле и плазме установлено, что аналогично случаю чистого магнитного поля, процесс затухания фотона в замагниченной плазме имеет неэкспоненциальный характер. Показано, что эффективная ширина поглощения фотона существенно меньше по сравнению с известными в литературе результатами.