

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всероссийская астрофизическая конференция

**АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА (НЕА-2016)**

20-23 декабря 2016 г.

проводится при финансовой поддержке

ИКИ РАН

Москва

2016

КОНФЕРЕНЦИЯ посвящена вопросам и проблемам, стоящим перед астрофизикой высоких энергий. Тематика конференции традиционно охватывает разделы от инфракрасной и оптической до гамма-астрономии, наблюдательной космологии и экстремальных физических процессов.

Конференция проводится отделом Астрофизики Высоких Энергий ИКИ РАН.

Программный комитет:

М.Р. Гильфанов (председатель), А.А. Вихлинин, С.А. Гребенев,
А.А. Лутовинов, М.Н. Павлинский, М.Г. Ревнивцев, С.Ю. Сазонов,
Р.А. Сюняев, Е.М. Чуразов

Организационный комитет:

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

Устные доклады

Феликс Альбертович Агаронян (Институт Высших Исследований, Дублин)

A Cosmic PeVatron in the Galactic Center

// F.A. Aharonian

The recent spectroscopic and morphological studies of the Central Molecular Zone (CMZ) of the Galactic Center in very high energy gamma-rays initiated new ideas regarding the location and origin of the accelerator of parent ultrarelativistic particles. I will discuss the implications of these results for a broad range of issues related to the central Supermassive Black Hole and to the origin of Galactic Cosmic Rays.

Ильфан Фяритович Бикмаев (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

РТТ-150 в задачах наземной оптической поддержки проекта СРГ

//И.Ф. Бикмаев, Н.А. Сахибуллин, Р.И. Гумеров, Р.Я. Жучков, Э.Н. Иртуганов, С.С. Мельников, Е.А. Николаева, И.М. Хамитов, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Академия наук РТ, Казань

В докладе будут представлены результаты оптических отождествлений и определений физических параметров рентгеновских источников по наблюдениям на Российско-Турецком 1.5-метровом оптическом телескопе (РТТ-150) в рамках подготовки к наземной поддержке проекта СРГ.

Дмитрий Валерьевич Бисикало (ИНАСАН)

Shock waves in hot Jupiter atmospheres // D.V. Bisikalo

Hot Jupiter exoplanets, have a number of outstanding features, caused mostly by their proximity to the host star, e.g.: gas outflowing from the planet's atmosphere to the star, as it happens in close binary stars. In addition, the short distance between the planet and the star results in a large planet's orbital velocity. If this

velocity exceeds the local sound speed a bow-shock forms ahead of the planet. Gas-dynamical modeling shows that, if the dynamical pressure of the stellar-wind is high enough to stop the outflow from the vicinity of the inner Lagrangian point, a quasi-closed non-spherical envelope, bounded by the bow-shock of a complex shape, forms in the system. In this report we discuss possible types of gaseous envelopes of hot Jupiters. We also consider the variations of flow patterns in the gaseous envelopes, occurring under the action of coronal mass ejections.

Родион Анатольевич Буренин (ИКИ РАН)

*Поиск скоплений галактик по изображениям спутника
ВАЙЗ и данным Слоановского обзора // Р.А. Буренин*

Будет представлен алгоритм поиска скоплений галактик по данным ИК обзора неба спутника ВАЙЗ и по данным Слоановского обзора. Будут обсуждаться преимущества этого алгоритма по сравнению с алгоритмом redMaPPer (Рыкофф и др., 2014, 2016).

Кроме того, будут обсуждаться результаты использования этого алгоритма для построения расширенного каталога скоплений обзора обсерватории им. Планка, а также возможность его использования для отождествления скоплений галактик в обзоре космической обсерватории СРГ.

Андрей Михайлович Быков (ФТИ им. Иоффе РАН)

*Поляризованное рентгеновское излучение остатков
сверхновых: модели и перспективы наблюдений
// А.М. Быков*

Рентгеновские наблюдения молодых остатков сверхновых Tycho, RCW86, SN 1006 и др., выполненные телескопом Chandra с субсекундным угловым разрешением, обнаружили наличие протяженных структур синхротронной природы. Синхротронное рентгеновское излучение оболочек сверхновых обусловлено ускорением электронов до энергий выше ТэВ и сильным сверхадиабатическим усилением магнитного поля. В докладе будут рассмотрены эффективные нелинейные механизмы усиления турбулентного магнитного поля в оболочках сверхновых и построены поляризованные рентгеновские изображения оболочек. Отсутствие фарадеевской деполяризации излучения оболочек позволит наблюдать изображения остатков сверхновых рентгеновскими поляриметрами, имеющими пространственное разрешение не хуже 30 секунд дуги. Детектирование остатков сверхновых рентгеновскими поляриметрами XIRE и IXRE позволит получить уникальную информацию о нелинейной динамике сильных флуктуаций магнитных полей в оболочках сверхновых. Работа поддержана грантом РФФ 16-12-10225

Евгений Олегович Васильев (ЮФУ)

Звздообразование в гигантских НII областях

// Е.О. Васильев, Ю.А. Щекинов

Образование звезд в большинстве происходит в скоплениях – ОВ ассоциациях. Дальнейшая их активность приводит к формированию гигантских НII областей, которые в большом количестве обнаружены в ближайших галактиках. Недавние наблюдения указывают на звездообразование как в оболочках изолированных, так и взаимодействующих гигантских НII областей. В рамках трехмерной газодинамической модели исследована эффективность фрагментации газа в изолированной оболочке и при взаимодействии соседних гигантских областей, найдены условия для звездообразования в них. Обсуждается влияние процессов взаимодействия и звездообразования на динамику галактических фонтанов и обогащение галактических гало.

Александра Веледина (Nordita)

Интерференционная картина в спектрах мощности рентгеновских двойных // А. Веледина

Спектры мощности рентгеновских двойных в диапазоне 3-10 кэВ в жестком состоянии представляют собой красный шум - степенной закон с показателем степени -1 (f^{-1} , где f - частота Фурье) - в интервале частот 0.1-10 Гц. Переменность на разных частотах вызвана флуктуациями темпа аккреции на соответствующих радиусах аккреционного диска, которые диффундируют в сторону внутреннего края диска и преобразуются в рентгеновское излучение в непосредственной близости компактного объекта. Однако при переходе в мягкое состояние, в так называемом жестком переходном состоянии, спектры мощности плохо описываются степенным законом и имеют много пиков, которые феноменологически можно описать суммой Лоренцевских профилей. Для описания спектров мощностей иногда необходимо до 6 таких компонент, физическая природа которых не ясна. В этом докладе я предлагаю модель, в которой пики в спектре мощности возникают в результате интерференции двух рентгеновских компонент - комптонизации дисковых и синхротронных фотонов - сдвинутых по фазе в результате задержки. Я покажу, как время задержки, измеряемое по положениям пиков, может быть использовано для определения параметров горячего диска в рентгеновских двойных.

Алина Александровна Вольнова (ИКИ РАН)

GRB 150818A: гамма-всплеск, ассоциированный с яркой сверхновой // А. Вольнова, А. Позаненко, И. Пугаева, Е. Мазаева,

А. Москвитин, О. Бурхонов, Е. Клунко, С. Назаров, И. Рева, В. Румянцев

Представлена кривая блеска оптического послесвечения гамма-всплеска GRB 150818A, ассоциированного с яркой сверхновой. Признак наличия сверхновой был обнаружен в кривой блеска через 8 дней после начала всплеска в наблюдениях телескопа АЗТ-33ИК Саянской обсерватории (п. Монды) и подтверждён спектроскопически по наблюдениям на 10-метровом телескопе GTC (Gran Telescopio Canarias). Оптическое послесвечение и ассоциированная сверхновая также наблюдались на телескопах ЗТШ (КрАО), АЗТ-22 (Майданак), Цейсс-1000 (ТШАО), Цейсс-1000 (САО), телескоп Faulkes Telescope North. Представлена кривая блеска сверхновой, определены её основные физические параметры, проведено сравнение с другими сверхновыми, ассоциированными с гамма-всплесками.

Михаил Гарасёв (ИПФ РАН)

Генерация долгоживущего магнитного поля в релятивистских ударных волнах // М.А. Гарасёв, Е.В. Дерисhev

В докладе будут представлены результаты численного моделирования турбулентного магнитного поля в бесстолкновительной электрон-позитронной плазме с длительной во времени инъекцией анизотропных e^+e^- пар в первоначально изотропную фоновую плазму. В наших расчетах мы исследовали генерацию и затухание магнитного поля в ударных волнах, в которых область до фронта модифицирована рождением электрон-позитронных пар (возникающих из-за самопоглощения высокоэнергичного излучения ударной волны), следя за небольшим (и поэтому однородным) участком среды в сопутствующей веществу системе отсчета. В целом картина рождения магнитного поля согласуется с развитием вейбелевской неустойчивости. Однако, длительная инъекция анизотропных частиц приводит к формированию сравнительно крупномасштабных магнитных структур в области до фронта ударной волны, тогда как мелкомасштабные структуры практически отсутствуют. Также обнаружено, что такие крупномасштабные магнитные филаменты, будучи усиленными на фронте ударной волны, затем медленно затухают в области за фронтом, время такого затухания при этом оказывается приблизительно равным длительности фазы инъекции анизотропных пар в области до фронта. Наблюдаемый в расчетах закон затухания магнитного поля находится в хорошем согласии с предсказаниями линейной теории. Генерация таких долгоживущих крупномасштабных магнитных структур в релятивистских бесстолкновительных ударных волнах объясняет, каким образом они могут эффективно генерировать синхротронное излучение в источниках гамма-всплесков.

Юрий Николаевич Гнедин (ГАО РАН)

Определение основных физических параметров сверхмассивных черных дыр на основе данных

космической обсерватории ИНТЕГРАЛ // Ю.Н. Гнедин,
М.Ю. Пиотрович

Показано, что измерение жесткого рентгеновского излучения с энергией $E > 10$ КэВ открывает новую возможность для определения масс и спинов сверхмассивных черных дыр в центрах галактик, а также радиуса области широких Пашен линий в аккреционном диске вокруг сверхмассивной черной дыры. Результаты выполненных нами оценок величин спинов ряда сверхмассивных черных дыр сравнимы с результатами популярного метода определения спинов по измеренному профилю рентгеновской линии Fe K-alpha. Радиусы области широких Пашен линий определены впервые. Основой данных измерений являются данные о рентгеновской светимости в жестком рентгеновском диапазоне, полученные космической рентгеновской обсерваторией ИНТЕГРАЛ.

Сергей Андреевич Гребенев (ИКИ РАН)

Оптическое и инфракрасное излучение рентгеновских новых // С.А. Гребенев, А.В. Просветов, Р.А. Буренин,
Институт космических исследований РАН, Москва

Представлены результаты наблюдений в разных спектральных состояниях некоторых рентгеновских новых, вспыхивавших на протяжении последних лет (SWIFT J174510.8-262411, MAXI J1836-194, MAXI J1828-249). Наблюдения выполнены одновременно в рентгеновском (INTEGRAL, SWIFT/XRT и BAT, MAXI) и оптическом/инфракрасном (OIR) (SWIFT/UVOT, RIT-150) диапазонах. Показано, что во всех рассмотренных случаях поток наблюдаемого OIR-излучения в основном определялся продолжением степенной компоненты спектра, ответственной за жесткое рентгеновское излучение. Вклад внешних областей аккреционного диска, даже с учетом рентгеновского прогрева его поверхности, был весьма умеренным во время высокого состояния источников (когда в их рентгеновских спектрах доминировала мягкая чернотельная компонента) и пренебрежимо малым во время их низкого состояния. Этот результат предполагает, что основная доля OIR-излучения рентгеновских новых формируется в той же области, где рождается их жесткое рентгеновское излучение. Это может быть комптонизованное излучение из высокотемпературной раздутой центральной области диска или синхротронное излучение горячей короны над диском или его джетов. Расчеты в рамках модели комптонизации привели к удивительно хорошему согласию с наблюдениями.

Андрей Викторович Грузинов (Нью-Йоркский университет)

Astrophysics of Axions and Cosmic Strings

High-energy and gravitational-wave astrophysical observations are potentially capable of finding hypothetical (but well-motivated in quantum field theory) objects – axions and cosmic strings. I describe new predictions for how light bosons (in particular axions) spin down black holes and how cosmic strings form relativistic fireballs. The emphasis is on the observational signatures of these phenomena.

Михаил Евгеньевич Гусаков (ФТИ им. Иоффе РАН)

Новый механизм подогрева миллисекундных пульсаров

// М.Е. Гусаков, Е.М. Кантор, А. Рейсенеггер

Замедление вращения нейтронных звезд, например, вследствие магнитодипольных потерь, приводит к сжатию звездного вещества и инициирует ядерные реакции (с выделением тепла) на фазовых переходах в коре между веществом с различным ядерным составом. Показано, что этот механизм эффективно греет миллисекундные пульсары, в которых предшествующая аккреция вывела кору из ядерного равновесия. Рассчитано соответствующее энерговыделение и проведено сравнение результатов с имеющимися наблюдениями. Показано, что предложенный механизм может объяснить тепловое ультрафиолетовое излучение пульсара J0437-4715.

Евгений Владимирович Деришев (ИПФ РАН)

Модификация релятивистских ударных волн и

согласованный спектр ускоренных частиц // Е.В. Деришев

Обсуждается новый подход к определению спектра электронов и позитронов, ускоренных релятивистской ударной волной. В рамках этого подхода распределение частиц по энергии увязывается с профилем лоренц-фактора набегающего потока. Решение для этого профиля удастся получить только в неявном виде. Этого, однако, достаточно для вычисления функции распределения электрон-позитронных пар, пересекающих фронт ударной волны, которая оказывается степенной функцией с показателем $-5/2$. Полученный показатель практически не отличается от значения $-22/9$, выводимого в рамках упрощенной модели диффузионного ускорения с малоугловым рассеянием, хотя предложенный метод существенно отличен и не опирается на какие-либо предположения о структуре магнитного поля. Обсуждается также возможный предел на эффективность излучения релятивистских ударных волн, налагаемый модификацией ударной волны.

Сергей Николаевич Додонов (САО РАН)

1-м телескоп Шмидта : первые результаты.

// С.Н. Додонов, С.С. Котов, Т.А. Мовсесян, М. Геворкян

В течение первого года пробной эксплуатации телескопа нами проведены тестовые наблюдения по трем программам : поиск молодых звёздных объектов; эволюция AGN; звёздный состав дисков галактик. Наблюдения подтвердили возможности эффективного отбора молодых звездных объектов с помощью наблюдений в узкополосных фильтрах H α и [SII] и среднеполосном 7500 Å на 1-м телескопе Шмидта. Трёхчасовые экспозиции в фильтрах SDSS g, r и i позволили достичь поверхностной яркости 28 зв. величины с кв. секунды при изучении звездного состава дисков для выборки галактик. Наблюдения поля SA68 в среднеполосных фильтрах позволили построить полную до R=23 выборку QSO с красными смещениями в диапазоне $0.5 < z < 2.2$. Спектроскопия 28 объектов выборки подтвердила корректность отбора объектов этого класса.

Юрий Юрьевич Ковалев (ФИАН)

Новые результаты проекта РадиоАстрон

// Ю.Ю. Ковалев (АКЦ ФИАН) от научных групп проекта РадиоАстрон

Наземно-космический интерферометр РадиоАстрон обеспечил наивысшее угловое разрешение, достигнутое на сегодняшний день в астрономии. В докладе будут представлены результаты исследований активных галактик, пульсаров, мазеров и межзвездной среды на РадиоАстроне с участием до сорока наземных радиотелескопов. Результаты включают в себя открытие экстремальной яркости ядер галактик, восстановление информации о внутренней структуре их разрешенных джетов и магнитного поля рядом с центральной машиной, открытие нового эффекта рассеяния радиоволн на межзвездной плазме Галактики.

Сергей Вячеславович Комаров (ИКИ РАН / МРА)

Диффузия космических лучей в скоплениях галактик

// С.В. Комаров, Е.М. Чуразов, М. Кунц, А.А. Щекочихин

Из наблюдений скоплений галактик в радиодиапазоне известно, что в межгалактической среде имеется популяция высокоэнергетичных электронов, которые, вращаясь вокруг силовых линий магнитного поля, производят синхротронное излучение. Такие радиоисточники являются протяженными, что свидетельствует о наличии механизмов непрерывного ускорения заряженных частиц в межгалактической среде. Имеются также основания полагать, что наряду с релятивистскими электронами в скоплениях присутствуют и релятивистские протоны, однако на данный момент из наблюдений скоплений в гаммадиапазоне удалось установить лишь верхний предел на создаваемое ими давление. Частицы могут ускоряться аккреционными ударными волнами и "доускоряться" турбулентностью. Эффективность ускорения турбулентностью и коэффициент диффузии космических лучей тесно связаны со структурой плазменной турбулентности в скоплениях. Помимо магнитогидродинамических волн,

кинетические неустойчивости, развивающиеся на масштабе ларморовских радиусов космических лучей, способны эффективно рассеивать заряженные частицы умеренно высоких энергий $< 1 \text{ TeV}$. Создаваемая турбулентными движениями межгалактической среды в результате сохранения адиабатических инвариантов анизотропия давления вероятно приводит к развитию шланговой и зеркальной неустойчивостей. Мы демонстрируем, что наличие зеркальной неустойчивости в скоплениях на масштабах порядка 1 мкпк существенно уменьшает длину свободного пробега космических лучей и эффективно запирает лучи с энергией $< 1 \text{ TeV}$ в скоплениях на космологических временах.

Сергей Копосов (Кембриджский университет)

Обзор первых результатов спутника Gaia
// Gaia collaboration

В этом году после двух лет работы коллаборация Gaia выпустила первую версию каталога объектов. Несмотря на то, что каталог содержит только небольшую долю той информации, которая будет доступна в следующих версиях, первые научные результаты основанные на данных Gaia уже начали появляться. В своем докладе я планирую рассказать о самом спутнике Gaia, о том какие данные доступны сейчас и будут доступны через год, а также о тех первых результатах, которые получены за последние месяцы.

Роман Александрович Кривонос (ИКИ РАН)

Рентгеновское излучение от Галактического Центра на малых и больших масштабах по данным телескопа NuSTAR

В докладе будут представлены последние результаты обзора области центра Галактики с помощью рентгеновского телескопа NuSTAR от малых до больших угловых масштабов, а именно: открытие протяженного излучения около сверхмассивной ЧД Стрелец A^* (10 пк), результаты подсчета источников в более широкой области (100 пк), и крупномасштабное излучение рентгеновского фона Галактики (1 кпк). Также будут представлены последние данные по наблюдению массивных молекулярных облаков в центре Галактики: облако около звездного скопления Лучник, Бридж, MC1, MC2.

Галина Владимировна Липунова (ГАИШ МГУ)

Оценки турбулентного параметра альфа в аккреционных дисках вокруг черных дыр. // Г.В. Липунова, К.Л. Маланчев

Вспышки рентгеновских новых – самый удобный инструмент изучения динамики аккреционных α -дисков. В идеальной астрофизической модели эволюция темпа аккреции на черную дыру (ЧД) в двойной системе определяется всего тремя параметрами: массой ЧД, α -параметром диска, внешним радиусом диска. Эволюция темпа аккреции $\dot{M}(t)$ в такой модели идет по типу FRED - быстрый подъем-экспоненциальный спад. По результатам численного моделирования нами предложена формула, связывающая параметры вспышки, ЧД и α . Чтобы использовать данный результат для оценки α , необходимо из спектральных наблюдений получить эволюцию $\dot{M}(t)$. Кроме того, в реальном аккреционном диске физические условия приводят к модификации картины эволюции вязкого диска. По-видимому, степень самооблучения внешних частей диска играет в этом определяющую роль. Мы провели анализ вспышки рентгеновской новой 4U 1543–47 2002 года с целью определения параметра α в диске этой системы, используя код FREDDI (см. постер Маланчева и Липуновой). На примере этой вспышки мы показываем, как амплитуда $\dot{M}(t)$ [г/с] зависит от параметра Керра ЧД и других параметров, а результирующие значения α – и от степени облучения.

Наталья Сергеевна Лыскова (МРА, ИКИ РАН)

Масса и наклон профиля массы эллиптических галактик по гравитационному линзированию и звёздной кинематике // Н.С. Лыскова, Е.М. Чуразов

Сильное гравитационное линзирование позволяет точно измерять спроецированную массу галактики в пределах радиуса Эйнштейна, однако этой информации недостаточно для определения наклона профиля плотности галактики. Методы определения массы, основанные на звёздной кинематике, страдают от вырождения между массой и анизотропией распределения орбит звёзд, для преодоления которой, как правило, необходимы достаточно сильные ограничения на профиль гравитационного потенциала галактики. В данной работе обсуждается подход, который при разумных предположениях позволяет оценить массу и наклон профиля плотности из совокупного анализа данных по гравитационному линзированию и звёздной кинематике. Аналитически и на выборке симулированных галактик продемонстрировано, что для надёжной оценки массы и наклона профиля массовой плотности галактик-линз достаточно 1) измерения дисперсии лучевых скоростей на радиусе R_2 , где профиль поверхностной яркости убывает как R^{-2} , и 2) спроецированной массы, заключённой в цилиндре радиуса Эйнштейна. Обсуждаемый подход был применен к выборке галактик-линз раннего типа из работ Барнабе и соавторов 2009, 2011, для которых доступны панорамные измерения дисперсии лучевых скоростей звёзд, карты поверхностной яркости, а также измерения спроецированной массы, заключённой в цилиндре радиуса Эйнштейна. Показано, что среднее по выборке значение наклона профиля массы хорошо согласуется с оценками, полученными в результате детального моделирования галактик-линз.

Дмитрий Владимирович Малышев (Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Erlangen-Nuremberg University)

Анализ данных гамма излучения Ферми ЛАТ около галактического центра // Д. Малышев, А. Альберт, Л. Тибальдо, А. Франковьяк, Э. Чарльз, коллаборация Ферми ЛАТ

Возможное гамма излучение от аннигиляции темной материи (ТМ) является наиболее ярким в направлении галактического центра (ГЦ). Несколько групп нашли остаточное гамма излучение в направлении ГЦ с примерно сферическим распределением и с максимумом в энергетическом спектре около нескольких ГэВ. В данном докладе я представлю анализ данных Ферми ЛАТ около ГЦ. Чтобы протестировать свойства остаточного излучения, мы провели анализ данных с несколькими моделями галактического гамма излучения, полученными изменением распределения источников космических лучей, параметров распространения космических лучей и распределения газа в галактике. Мы также разработали модель пузырей Ферми около галактической плоскости и провели анализ точечных источников около ГЦ. Во всех моделях, которые мы протестировали, сохраняется значительное остаточное излучение. Тем не менее, величина остаточного излучения по отношению к общему галактическому гамма излучению около ГЦ сравнима с подобным отношением в других областях вдоль галактического диска, где не ожидается сигнала от аннигиляции ТМ. Таким образом, мы не можем утверждать, что остаточное гамма излучение связано с ТМ и находим предел на аннигиляцию ТМ около ГЦ.

Михаил Медведев (Канзаский университет)

Прогресс в темной материи со смешением ароматов
// М. Медведев

Известно, что класс моделей темной материи со смешанными ароматами может разрешить проблемы Λ CDM на малых, галактических масштабах, а именно, проблем: мелкомасштабной структуры (substructure), "ядро-касп" (core-cusp) и "большие гало должны быть видны" (too-big-to fail). Мы покажем, что современные наблюдательные данные уже позволяют существенно ограничить (и даже исключить) некоторые из них, например, определенные сечения $\sigma(v)$.

Павел Сергеевич Медведев (ИКИ РАН)

Диффузия элементов в межзвездной среде в галактиках раннего типа. // П. Медведев, С. Сазонов, М. Гильфанов

Известно, что процесс гравитационной седиментации может значительно влиять на содержание гелия и тяжелых элементов в горячем межгалактическом

газе массивных скоплений галактик. Универсальный вид профиля температуры в скоплениях с холодными ядрами и теоретическое корреляционное соотношение масса-температура позволяют предположить, что максимальный эффект седиментации должен иметь место в самых массивных вириализованных объектах во Вселенной. Однако наблюдательные данные обсерваторий Chandra и XMM-Newton демонстрируют более сложные масштабные соотношения между массами галактик раннего типа и другими их параметрами, такими как массовая доля и температура межзвездного газа. Немаловажно, что радиальный профиль температуры может иметь как спадающий, так и нарастающий характер. Мы рассчитали диффузию, основываясь на наблюдаемых распределениях плотности и температуры газа для 13 галактик раннего типа, имеющих разные типы окружения и покрывающих широкий диапазон рентгеновских светимостей. Чтобы оценить максимальный эффект седиментации, решалась полная система уравнений Бюргерса для незамагниченной межзвездной плазмы. Полученные результаты демонстрируют значительное увеличение отношения He/H внутри 1 эффективного радиуса для всех галактик выборки. Для галактик со спадающим профилем температуры среднее увеличение обилия гелия составляет 60 за 1 миллиард лет диффузии. Полученный эффект может вносить существенное смещение в оценку обилия металлов по данным рентгеновской спектроскопии и потенциально влиять на эволюцию звезд, которые могут формироваться из газа с высоким содержанием гелия.

Павел Минаев (ИКИ РАН)

*Предвсплески коротких гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL // П. Минаев (ИКИ РАН),
А. Позаненко (ИКИ РАН)*

Проведен анализ кривых блеска 519 коротких гамма-всплесков, зарегистрированных в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL с декабря 2002 г. по май 2014 г. с целью поиска предвсплесков (возможной активности источника гамма-всплеска до начала основного эпизода). Проанализированы как кривые блеска 519 индивидуальных событий, так и суммарная кривая блеска 372 ярких всплесков. В единичных случаях найдены и детально исследованы кандидаты в предвсплески по данным экспериментов SPI-ACS/INTEGRAL, GBM/Fermi, LAT/Fermi. При статистическом анализе суммарной кривой блеска всей выборки коротких всплесков не выявлено регулярного предвсплеска. Получены оценки верхних пределов относительной интенсивности предвсплесков. Проведено сравнение полученных результатов с результатами других работ, убедительные свидетельства в пользу существования предвсплесков коротких гамма-всплесков не найдены. Показано, что доля коротких гамма-всплесков, имеющих предвсплески, составляет менее 0.4% от всех коротких всплесков.

Валерий Павлович Митрофанов (МГУ)

Вклад МГУ в Проект LIGO

Научная группа физического факультета МГУ, созданная и до последнего времени руководимая чл.-корр. РАН В.Б. Брагинским, участвует в международном Проекте LIGO с момента его основания в 1992 г. Представлены основные результаты исследований, выполненных участниками в рамках LIGO, а также направления, по которым члены коллектива работают в настоящее время.

Александр Андреевич Муштуков (Anton Pannekoek
Institute for Astronomy, University of Amsterdam, ГАО РАН)

*Вязкая диффузия флуктуаций темпа аккреции в
рентгеновских двойных* // А. Муштуков, А. Инграм, М. ван дер Клис

Свойства быстрой аperiодической переменности рентгеновских двойных, содержащих черные дыры и нейтронные звезды, могут быть объяснены в рамках модели флуктуаций темпа аккреции, которые возникают в диске в результате магнитогидродинамических процессов и распространяются под влиянием вязкой диффузии к центральному объекту. Суперпозиция флуктуаций в конечном счете определяет переменность темпа аккреции на каждом радиусе и отражается в наблюдаемой переменности рентгеновского потока. Используя точные решения уравнения вязкой диффузии в диске и возможность нелинейного взаимодействия между флуктуациями мы анализируем влияние свойств диска на наблюдаемую переменность рентгеновских двойных систем.

Лидия Михайловна Оскинова (Потсдамский университет)

*Рентгеновское излучение звёзд: новые перспективы с
СРГ/eРозита* // Л.М. Оскинова

Бурное развитие рентгеновской астрономии привело к прорыву в изучении энергичных процессов в звездных коронах и ветрах. Рентгеновские наблюдения и их интерпретация позволяют нам измерить параметры горячей плазмы и улучшить наше понимание звездных корон, ветров и магнитосфер. Более того, рентгеновское излучение является важным продуктом взаимовлияния между звёздами и их протопланетными дисками, планетами и межзвёздной средой. В течение последнего десятилетия мы получили ответы на многие вопросы о звёздных коронах и ветрах. Тем не менее, множество неожиданных открытий показало, что мы ещё многое не знаем о горячих и энергичных процессах в этих объектах. В этом докладе я представлю краткий обзор рентгеновской звездной астрофизики. Особое внимание будет уделено острым вопросам, ответы на

которые будут получены наблюдениями с СРГ/еРозита. Более того, я представлю центральную роль, которую играет изучение массивных звёзд и их рентгеновского излучения в становлении гравитационно-волновой астрономии.

Михаил Игоревич Панасюк (НИИЯФ МГУ)

*Российский университетский спутник «Ломоносов»:
результаты 7 месяцев полета.* // М.И. Панасюк

Спутник «Ломоносов», запущенный 28 апреля 2016 г. с нового российского космодрома «Восточный» на солнечно-синхронную орбиту высотой около 500 км более 7 месяцев передает на Землю научную информацию. В качестве основных научных целей проекта были выбраны научные задачи по изучению экстремальных явлений во Вселенной. Среди них: исследования заряженных частиц наиболее высоких энергий существующих в природе, – космических лучей предельно высоких энергий (КЛПВЭ); – с энергиями более 10^{19} эВ, гамма-всплесков – явлений в ранней Вселенной, связанных с наиболее мощным высвобождением энергии в астрофизических процессах, а также изучение природы воздействия энергичных частиц в околоземном космическом пространстве на земную атмосферу. В течение последних месяцев участники проекта проводили интенсивное тестирование научной аппаратуры и оптимизировали программные режимы их работы. К настоящему времени испытания аппаратуры практически закончились и специалисты приступили к плановым исследованиям по разработанной научной программе. В докладе представлены первые результаты, полученные с помощью зеркального ультрафиолетового телескопа ТУС по наблюдению оптических транзиентов в верхней атмосфере Земли в связи с исследованием возможностей регистрации КЛПВЭ, а также гамма-всплесков космологического происхождения и от репитеров, полученные с помощью гамма-спектрометров БДРГ, оптических широкопольных камер ШОК и наземной сети МГУ роботизированных телескопов "Мастер".

Алексей Позаненко (ИКИ РАН)

*Поиск в данных SPI-ACS/INTEGRAL и GBM/Fermi
транзиентов, сопровождающих гравитационно волновые
события LIGO*

// А. Позаненко, П. Минаев, В. Лозников, М. Барков, М. Торопов

We investigate the data obtained by SPI-ACS/INTEGRAL detector around a time of detection of the LIGO gravitational wave events GW150914, GW151226 and candidate LVT151012. We compare sensitivity of SPI-ACS and GBM/Fermi for short GRBs using Log(N)-Log(S) distributions and confirm that GBM transient event at 0.4 s after GW150914 [1] should be detected by SPI-ACS [2]. If the GBM-GW150914 is a real, then it could be in a shadow of the Earth for SPI-ACS. If

so, coordinates of the GBM event can be estimated with accuracy of about 2.5 grad. (radius) and the coordinates not coincide with localization area of GW150914. Using wavelet technique we have searched for possible periodic-like signal around a time of detection of GW150914. We found a packet of 8.3 s pulsed emission consisting of a few periodic-like pulses starting about 2 s after GW150914. To estimate a chance probability we analyzed SPI-ACS data before and after GW150914 (about 1 Ms in total) with the same technique. Using different methods (including two-parametric coincidence estimation [3]) we estimated a chance probability of the packet of periodic pulses to be coincident with GW150914 as 0.02 – 0.2%. We have not found any significant pulsed emission in GBM/Fermi data around the time of detection of GW150914. We discuss possible nature of periodic-like pulses after GW150914.

References

1. V. Connaughton, et al., (2016), ApJL, 826, 1, L6.
2. V. Savchenko, et al., (2016), ApJL, 820, 2, L36.
3. L. Blackburn (2015), Significance of two-parameter coincidence, <https://dcc.ligo.org/LIGO-T1500534/public>

Сергей Борисович Попов (ГАИШ МГУ)

Быстрые радиовсплески: магнитары, пульсары ...или что-то еще? // С.Б. Попов, М. Лютиков, К.А. Постнов, М.С. Пширков

Быстрые радиовсплески - одна из самых жгучих загадок современной астрофизики. Несколько тысяч раз в день происходят миллисекундные всплески с потоком около 1 Ян. Однако до сих пор нет понимания того, что является источником этих всплесков. В докладе рассмотрены две модели быстрых радиовсплесков: магнитарная и пульсарная. В первом случае всплески порождаются вспышечной активностью магнитара. Во втором - молодые пульсары с большими потерями энергии порождают сверхимпульсы. Кроме этого дается краткая сводка современных наблюдательных данных по быстрым радиовсплескам и приводится краткий анализ основных моделей этого феномена.

Юрий Иормович Поутанен (Университет Турку)

Определение параметров нейтронных звезд из спектров барстеров, профилей импульсов миллисекундных пульсаров и поляризации // Ю.И. Поутанен, В.Ф. Сулейманов, Й. Нянтиля, Я. Каява

Будет дан обзор результатов наших исследований по определению параметров нейтронных звезд из спектров барстеров и профилей импульсов миллисекундных пульсаров, а также в будущем поляризации излучения.

Максим Сергеевич Пширков (ГАИШ МГУ)

Бета-плюс распады в центре Галактики как источник позитронов // М.С. Пширков

Наблюдения миссии ИНТЕГРАЛ выявили существование избытка излучения от центральной области Галактики на энергии 511 кэВ, происхождение которого пока не выяснено. Гамма-лучи с этой энергией образуются в процессе аннигиляции позитронов, наблюдаемая светимость требует производства порядка 10^{42} позитронов в секунду в этой области. Ряд наблюдений – высокая степень ионизации водорода в области, сложная морфология наблюдаемой линии железа 6.4 кэВ – могут указывать на наличие в этой области значительного количества субрелятивистских космических лучей. Взаимодействие этих лучей с материей центральной молекулярной зоны (CNO/Ne) будет приводить к образованию большого количества нестабильных изотопов, часть которых будет распадаться с образованием позитронов. Показано, что вклад от таких изотопов может составлять до нескольких десятков процентов от общего темпа производства позитронов в центральной области Галактики.

Дмитрий Раздобурдин (ГАИШ МГУ)

Транзиентный рост возмущений в аккреционных дисках
// Д.Н. Раздобурдин, В.В. Журавлёв

Проблема перехода к турбулентности сдвигового потока кеплеровского типа далека от окончательного решения. Хорошо разработанный к сегодняшнему дню механизм турбулизации за счёт магниторотационной неустойчивости не действует в холодных областях аккреционных дисков. По этой причине вопрос нелинейной устойчивости чисто гидродинамического кеплеровского потока остаётся актуальным. Численным моделированием установлена нелинейная устойчивость подобных потоков при числах Рейнольдса, не превышающих миллиона, однако в реальных дисках числа Рейнольдса могут достигать десятков миллиардов. Предполагаемая турбулентность в кеплеровском потоке может иметь только докритическую природу в силу линейной устойчивости течения. В этом случае она питается энергией от транзиентно растущих возмущений, и для других потоков с докритической турбулизацией обнаружена корреляция между максимальной величиной транзиентного роста и числом Рейнольдса, при котором происходит переход в турбулентное состояние. Наша работа посвящена исследованию транзиентных возмущений на разных азимутальных масштабах по сравнению с толщиной диска. В ней показано, что наибольшее транзиентное усиление демонстрируют возмущения с азимутальным масштабом порядка или больше толщины диска, что необходимо учитывать в будущих численных экспериментах по турбулизации немагнитного кеплеровского потока.

Роман Рафиков (Кембриджский университет)

Куда течет газ в трехмерных аккреционных дисках

Классическая теория плоских (двумерных) аккреционных альфа-дисков предсказывает, что перераспределение углового момента в них неизбежно сопровождается движением вещества к центру диска. Как впервые было показано В. Урпиным (1984), ситуация кардинально меняется в трехмерных вязких дисках: несмотря на положительный темп аккреции, в экваториальной плоскости диска газ движется наружу, а не внутрь. В результате в диске возникает глобальная система меридиональной циркуляции. Этот результат может иметь серьезные последствия для различных астрофизических процессов: переноса крупных пылевых частиц во внешние области протопланетных дисков, выравнивания изотопного состава в системе Земля-Луна, влияния пограничных слоев на глобальные свойства аккреционных дисков, и т.д. В этом докладе я проведу обзор современных результатов, касающихся меридиональной циркуляции в дисках, для различных механизмов переноса углового момента (магниторотационная неустойчивость, вертикальная сдвиговая неустойчивость, и т.д.). На основе численных и аналитических результатов будет показано, что термодинамические свойства вязких дисков играют решающую роль в установлении в них меридиональной циркуляции. Также будут предложены критические тесты, которые со временем позволят нам разобраться, может ли газ в аккреционных дисках течь наружу.

Сергей Юрьевич Сазонов (ИКИ РАН)

Функция мягкой рентгеновской светимости массивных рентгеновских двойных, их роль в подогреве ранней Вселенной // С.Ю. Сазонов, И.И. Хабибуллин

Используя информацию о спектрах 200 ярких рентгеновских источников из каталога обсерватории Chandra в 27 близких галактиках, а также карты темпа звездообразования и поверхностной плотности холодного газа в этих объектах, построена поправленная за эффекты поглощения и приведенная к темпу звездообразования функция светимости ярких массивных рентгеновских двойных (МРД) систем в мягком рентгеновском диапазоне (0.25-2 кэВ) в современную эпоху. Оценен подогрев ранней Вселенной излучением таких систем. Показано, что ультраяркие рентгеновские источники могли заметно нагреть ($T > T_{cmb}$, где T_{cmb} - температура реликтового фона) межгалактическую среду к $z \sim 10$, если удельная рентгеновская светимость молодого звездного населения в ранней Вселенной была на порядок выше, чем в современную эпоху (что возможно из-за низкой металличности первых галактик), а мягкое рентгеновское излучение МРД не испытывало сильного поглощения внутри галактик. Это делает возможным наблюдение нейтрального водорода в радиолинии 21 см в излучении с красных смещений $z < 10$.

Александр Владимирович Степанов (ГАО РАН)

Об ускорении частиц до релятивистских энергий в атмосферах звёзд // А.В. Степанов (ГАО РАН), Г.М. Бескин (САО РАН), В.В. Зайцев (ИПФ РАН)

Наблюдения вспышки UV Ceti в декабре 2008 г. на БТА обнаружили линейно поляризованные спайк-всплески излучения в диапазоне U, которые можно объяснить синхротронным излучением электронов с энергией порядка 360 МэВ [1]. Такое объяснение впервые предложил И.М.Гордон [2]. Долгоживущая проблема громадного числа ускоренных частиц на Солнце и звёздах поздних спектральных классов ($>10^{40}$) разрешима при ускорении в супер-Драйсеровских электрических полях. Рассмотрены две причины ускорения в таких электрических полях: (i) ускорение в ходе магнитного пересоединения [3]; (ii) ускорение импульсом электрического тока, вызываемого неустойчивостью Рэля-Тейлора в хромосферных основаниях вспышечных магнитных петель [4]. Обсуждается возможность ускорения частиц до релятивистских энергий механизмом (ii) в магнитарах при разломах металлической коры.

Литература

1. G.M.Beskin, Int. Meeting 'Stars: from collapse to collapse' (SAO RAN, October 2-6, 2016)
2. И.М.Гордон, ДАН СССР, 47, 621 (1954)
3. M.Gordovsky, P.K.Browning, G.E.Vekstein A&A, 519, A21 (2010)
4. V.V.Zaitsev, P.V.Kronshtad

Алексей Борисович Струминский (ИКИ РАН)

Звездные вспышки и корональная активность
// А.Б. Струминский, А.М. Садовский

Звездные магнитные поля проявляют себя в корональной активности и вспышках. В докладе будет представлен обзор наблюдений звездных магнитных полей, корональной активности и вспышек на H-R диаграмме. Предполагается обсудить возможные задачи наблюдений звездных корон и вспышек миссией Спектр-РГ.

Валерий Фиалович Сулейманов (Институт Астрономии и Астрофизики, университет Тюбингена; Казанский (Приволжский) федеральный университет)

Экзотический химический состав атмосфер некоторых рентгеновских барстеров.

// J. Kajava, J. Nättilä, J. Poutanen, A. Cumming, V. Suleimanov, E. Kuulkers, S. Molkov

Разработанный некоторое время назад метод определения масс и радиусов вспыхивающих в рентгене нейтронных звезд - барстеров был недавно успешно применен к ряду вспышек (Nättiila et al. 2016). Одним из параметров метода является химический состав атмосферы барстера, и его можно исследовать предполагая, что масса и радиус исследуемой звезды близки к каноническим. В частности оказалось, что атмосфера нейтронной звезды в одном из трех исследованных источников, 4U 1702-429, состоит преимущественно из гелия. Это означает, что данный объект должен быть ультракомпактной системой с белым карликом в качестве вторичного компонента. Реальность такого определения химического состава была недавно подтверждена путем анализа рентгеновских вспышек известной ультракомпактной системы 4U 1820-30, также требующей атмосферы, состоящей из гелия. Более того, во время некоторых особо мощных рентгеновских вспышек могут быть созданы условия для выноса продуктов горения на поверхность, которые обогатят атмосферу тяжелыми элементами, в частности, железом. В архивных наблюдениях обсерватории RXTE нами была обнаружена такая вспышка источника NETE J1900.1-2455. Необычная эволюция нормализации его спектра на фазе падения блеска может быть объяснена только заменой атмосферы, обогащенной металлами примерно в 40 раз обильнее солнечного состава, на атмосферу солнечного состава после начала аккреции. Обнаружен фотоионизационный скачок FeXXVI в спектрах источника в соответствующий период вспышки, имеющий гравитационное красное смещение $z \approx 0.22$.

Юрий Александрович Уваров (ФТИ им. Иоффе РАН)

Формирование спектров синхротронного рентгеновского излучения молодых остатков сверхновых с турбулентным магнитном полем // А.М. Быков, Ю.А. Уваров

Наблюдения молодых остатков сверхновых (ОСН) Cas A, Tycho, RXJ1713 рентгеновскими телескопами Chandra, XMM-Newton, Nustar, INTEGRAL позволили обнаружить наличие нетепловых компонент с протяженными спектрами до 100 кэВ. Синхротронное излучение нетепловых электронов, ускоренных механизмом Ферми на фронте ударной волны оболочки сверхновой является наиболее вероятным механизмом формирования этого нетеплового рентгеновского излучения. Максимальные энергии электронов, ускоренных механизмом Ферми в этом случае превышают ТэВ и лимитируются синхротронными потерями. Наблюдения пространственного профиля излучения и моделирование процесса ускорения приводят к выводу о сильно турбулентном магнитном поле со среднеквадратичной амплитудой, существенно превышающей регулярное магнитное поле. Наблюдаемая протяженность квази-степенного спектра рентгеновского излучения существенно превышает предсказания стандартных моделей синхротронного спектра, построенных без учета эффектов перемежаемости магнитной турбулентности. В докладе исследовано влияние турбулентности магнитного поля на формирование рентгеновского спектра излучения ОСН в области максимальных энергий. Показано, что учет эффектов перемежаемости магнитной тур-

булентности позволяет объяснить наблюдаемые протяженные степенные спектры рентгеновского излучения молодых ОСН и открывает возможность исследования детальных свойств сильной магнитной турбулентности в бесстолкновительной плазме сверхновых на основе рентгеновских наблюдений. Работа поддержана грантом РФФ 16-12-10225, часть расчетов выполнялась в МСЦ РАН.

Алексей Витальевич Финогенов
(МРЕ, Хельсинкский университет)

Поиск скоплений галактик в глубоких рентгеновских обзорах

Глубокие рентгеновские обзоры неба являются лидирующими по открытию далёких скоплений. На настоящий момент рекордным красным смещением является скопление на $z=2.50$ в поле COSMOS (Ванг и др. 2016). В докладе будет представлено моделирование выборки скоплений, а также обсуждены особенности поиска рентгеновских скоплений на $z>2$.

Ильдар Хабибуллин (ИКИ РАН)

Поляризация рентгеновского и микроволнового излучения скоплений галактик вследствие анизотропии электронного давления // И. Хабибуллин, С. Комаров, Е. Чуразов

Горячая слабостолкновительная замагниченная плазма скоплений галактик подвержена образованию мелкомасштабной анизотропии давления электронов под действием теплопроводности и меняющегося магнитного поля. Анизотропия давления электронов приводит к поляризации рентгеновского тормозного излучения такой плазмы, а также поляризации рассеянных фотонов космического микроволнового фона. В случае, когда ориентация генерируемых мелкомасштабных анизотропий скоррелирована внутри значительной области скопления, как, например, в случае обтекания горячей плазмой "холодного фронта", проинтегрированный поляризационный сигнал от скопления оказывается значительным. Используя численное моделирование скопления с "холодным" фронтом, мы предсказываем ожидаемый сигнал (степень, направление и их спектральную зависимость) в рентгеновском и микроволновом диапазонах. Детектирование (или отсутствие детектирования) такого сигнала способно дать важную информацию о степени столкновительности плазмы скоплений.

Ефим Аркадьевич Хазанов (ИПФ РАН)

Экспериментальная установка LIGO для детектирования гравитационных волн и вклад в нее
ИПФ РАН // А.М. Сергеев, Е.А. Хазанов

В докладе приводится краткий обзор лазерного детектора гравитационных волн: основные источники шума и методы их подавления. Отдельно обсуждается история создания для LIGO изолятора Фарадея - устройства, пропускающего свет от лазера к интерферометру и непропускающего свет в обратном направлении.

Фарит Явдатович Халили (МГУ)

Квантовые измерения в детекторах гравитационных волн

Чувствительность современных детекторов гравитационных волн столь высока, что она в значительной степени ограничивается квантовыми флуктуациями света в них. В настоящее время активно разрабатываются методы подавления или обхода этих флуктуаций; простейший из них, а именно использование сжатого света, уже применяется в детекторе GEO600.

К числу основных ограничений, налагаемых квантовой механикой на чувствительность оптомеханических устройств, в частности лазерных детекторов гравитационных волн, относятся (1) предел дробового шума (Shot Noise limit, SNL) и (2) стандартный квантовый предел (Standard Quantum Limit, SQL). Мы рассматриваем здесь эти ограничения, а также те из методов их преодоления, которые считаются наиболее перспективными для реализации в современных и планируемых детекторах.

Сергей Хоперсков (Observatoire de Paris, ИНАСАН)

Магнитное поле в дисках спиральных галактик
// С. Хоперсков

В докладе будут представлены результаты численных МГД-расчетов динамики галактических дисков с учетом эволюции магнитного поля, самогравитации газа и радиационных процессов в МЗС. Основное внимание уделено генерации различных компонент магнитного поля при взаимодействии со спиральями, а также возможность возбуждения крупномасштабных структур в газе за счет неоднородностей в распределении магнитного поля. Кроме того, будет рассмотрена роль магнитного поля во фрагментации газа в межрукавном пространстве и продемонстрированы модели образования мелкомасштабного реверсивного поля в окрестности спиральных рукавов и галактическом центре.

Георгий Андреевич Хорунжев (ИКИ РАН)

*Каталог рентгеновских кандидатов в квазары на $z > 3$.
Результаты спектроскопической проверки.*

// Г.А. Хорунжев, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, М.В. Еселевич

Представлены результаты оптической спектроскопии квазислучайной выборки объектов из каталога кандидатов в квазары на фотометрических красных смещениях $3 < z < 5.5$, отобранных среди рентгеновских источников обзора обсерватории ХММ-Ньютон. Был обнаружен далекий рентгеновский квазар на красном смещении $z = 5.08$. Спектроскопическая проверка была проведена с помощью двух инструментов: нового спектрографа АДАМ, установленного на 1.6-метровом телескопе АЗТ-ЗЗИК в Саянской солнечной обсерватории, и спектрографа СКОРПИО, установленного на 6-метровом телескопе БТА в САО РАН. Обсуждаются свойства каталога с учетом проведенных наблюдений.

Сергей Сергеевич Цыганков (Университет Турку)

Эффект пропеллера в рентгеновских пульсарах

Наблюдение эффекта пропеллера в аккрецирующих рентгеновских пульсарах является одним из наиболее явных свидетельств наличия сильной дипольной компоненты магнитного поля у нейтронных звезд в таких системах. Наблюдение данного эффекта требует наличия чувствительного рентгеновского телескопа в режиме мониторинга и стало доступным только недавно. С теоретической точки зрения многие аспекты данного эффекта (формирование спектра излучения, протекание вещества через центробежный барьер и т.п.) остаются малоизученными из-за отсутствия качественных наблюдательных данных. В данном докладе я приведу обзор наблюдательных проявлений эффекта пропеллера в рентгеновских пульсарах в широком диапазоне магнитных полей от 10^8 до 10^{14} Гс.

Анатолий Михайлович Черепашук (ГАИШ МГУ)

Эффекты сильной гравитации вблизи чёрных дыр: новые возможности наблюдений

Открытие гравитационных волн обсерваторией LIGO позволяет надеяться, что учёные скоро «услышат» звон от слияния многих чёрных дыр звёздных масс в двойных системах, а с помощью наземных и космических интерферометров (Event Horizon Telescope, Millimetron) им удастся «увидеть» изображения «теней» от сверхмассивных чёрных дыр в ядрах галактик. Это даёт принципиальную возможность окончательного доказательства существования горизонта событий у чёрных дыр.

Дмитрий Олегович Чернышов (ФИАН)

Взаимодействие космических лучей с молекулярными облаками // В.А. Догель, А.В. Ивлев, Д.О. Чернышов

Мы исследуем взаимодействие быстрых заряженных частиц с плотными областями в межзвездной среде, молекулярными облаками. 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 проанализировали простую модель о тонкой слабоионизованной оболочке вокруг молекулярного облака, представленного толстой мишенью. Оказалось, что движение частиц описывается следующим образом: 1) Низкоэнергетичные частицы заморожены в поток и движутся с альвеновской скоростью 2) Высокоэнергетичные частицы движутся без рассеяния 3) На промежуточных энергиях формируется тонкий "щит" из МГД волн вблизи облака, который частично отражает частицы назад. При этом вне "щита" частицы движутся без рассеяния, но их средняя скорость потока существенно меньше их собственной скорости. Таким образом, поток частиц с энергией в районе ГэВа в облако может быть снижен за счет самовозбужденной турбулентности, и этот факт необходимо учитывать при исследовании ионизации облаков и, возможно, их излучения.

Андрей Игоревич Чугунов (ФТИ им. Иоффе РАН)

Неустойчивость γ -мод колебаний и образование миллисекундных пульсаров в ходе аккреции в LMXB
// А.И. Чугунов, М.Е. Гусаков, Е.М. Кантор (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Неустойчивость γ -мод колебаний в нейтронных звездах (НЗ) обусловлена излучением гравитационных волн. Она может существенно сказываться на эволюции НЗ в маломассивных рентгеновских двойных системах (LMXB), а, значит, и на характеристиках миллисекундных пульсаров (MSP). Исходя из имеющихся наблюдательных данных, исследованы минимальные ограничения на область частот и температур, в которых НЗ могут быть неустойчивы относительно возбуждения γ -мод колебаний (окна неустойчивости γ -мод колебаний). Мы опирались на три группы данных: (а) рентгеновские наблюдения нейтронных звезд в LMXB; (б) тайминг MSP и (с) рентгеновские и UV наблюдения MSP. Известно, что диссипация γ -мод за счет сдвиговой вязкости недостаточна для объяснения набора наблюдений (а). В докладе показано, что самосогласованное объяснение наблюдений (а) в моделях с усиленной объемной вязкостью вряд ли возможно, а набор наблюдений (б) требует усиленной диссипации γ -мод

при температурах $T^\infty \sim 2 \times 10^7$ К. Анализ набора наблюдений (с), в предположении об аккреционном составе теплоизолирующей оболочки, позволил установить верхний предел на внутреннюю температуру MSP: $T^\infty \sim 2 \lesssim 10^7$ К. Образование миллисекундных пульсаров при этих температурах возможно, только если неустойчивость г-мод подавлена во всем диапазоне частот вращения MSP ($\nu \lesssim 750$ Гц), по крайней мере при температурах 2×10^7 К $\lesssim T^\infty \lesssim (3-4) \times 10^7$ К, что является еще одним ограничением на окна неустойчивости г-мод колебаний.

Николай Иванович Шакура (ГАИШ МГУ)

Аккреция из ветра. Теория и наблюдения // Н.И. Шакура,
К.А. Постнов

Рассмотрен режим квазисферической аккреции из звездного ветра на замагниченные нейтронные звезды в двойных звездных системах. Показано, что при больших темпах аккреции реализуется сверхзвуковая аккреция вещества в режиме свободного падения по Бонди. Вместе с тем обнаружен и детально изучен режим оседания вещества на магнитосферу нейтронной звезды, который имеет место при относительно низком темпе аккреции. Предложен механизм, основанный на перезамыкании магнитных силовых линий на альвеновском радиусе замагниченной нейтронной звезды, объясняющий обнаруженные в последнее время сверхгигантские быстрые рентгеновские транзиенты (SFXT).

Борис Михайлович Шустов (ИНАСАН)

Научные вызовы для космических УФ-телескопов
// Б.М. Шустов

Представлен обзор задач и методов ультрафиолетовой (УФ) астрономии. Основное внимание уделено перспективным научным задачам (направлениям), для решения которых необходимы космические обсерватории УФ диапазона. К таким направлениям относятся: поиск скрытого барионного вещества в межгалактическом и окологалактическом пространстве, глобальные моды звездообразования в галактиках, детальное изучение физических и химических процессов в молекулярных облаках, протозвездных объектах и протопланетных дисках, УФ-диагностика процессов аккреции и истечений в астрофизических объектах – от ядер галактик до тесных двойных звезд, активность звезд (как маломассивных так и массивных), изучение процессов в атмосферах планет Солнечной системы и в атмосферах экзопланет. Также уделено внимание технологическому прогрессу в направлении ультрафиолетовой астрономии за последние несколько лет. Описаны перспективные проекты УФ-астрономии в мире. Представлен современный статус находящегося в продвинутой фазе создания международного (при основной роли России) проекта «Спектр-УФ» («Всемирная Космическая

Обсерватория – Ультрафиолет». Обсуждаются возможные кооперативные исследования совместно с инструментами других диапазонов (радио, рентген и т.д.)

Юрий Андреевич Щекинов (АКЦ ФИАН)

О природе Северного Полярного Шпура // Ю.А. Щекинов

Более или менее устоявшееся представление о том, что Северный полярный шпур (СПШ) связан с вспышками сверхновых в Локальной межзвездной среде подвергается в последнее время настойчивой критике. Критика локальной концепции особенно усилилась после обнаружения Fermi bubble, причем основу ее составляет главным образом морфологическое подобие СПШ и Fermi bubble и их тесное соседство на небесной сфере. Я привожу аргументы в пользу того, что локальная гипотеза СПШ более согласованно объясняет всю совокупность данных: рентгеновскую эмиссию, поглощение рентгена на низких галактических широтах, морфологию шпура, массу пыли и др. Приемлемой верхней границей расстояния до центра СПШ может быть 500 пк в направлении ассоциации Sco-Cen.

Лев Рафаилович Юнгельсон (ИНАСАН)

GW150914 в контексте эволюции тесных двойных звезд
// Л.Р. Юнгельсон, Институт астрономии РАН

Рассмотрены сценарии эволюции тесных двойных звезд, ведущие к формированию пар сливающихся черных дыр различной массы. Проанализированы основные факторы, определяющие массы сливающихся объектов и частоту событий: металличность звезд-предшественников, устойчивость обмена веществом в тесных двойных системах с релятивистскими компонентами, процессы, сопровождающие формирование черных дыр.

Стендовые доклады

Дмитрий Петрович Барсуков (ФТИ им. Иоффе РАН,
СПбПУ)

*Влияние мелкомасштабного магнитного поля на нагрев
полярных шапок старых радиопульсаров*

// Цыган А.И., Барсуков Д.П., Краав К.Ю., Воронцов М.В.

Рассматривается влияние величины и направления мелкомасштабного магнитного поля на обратный ток позитронов во внутренних зазорах старых радиопульсаров (с характеристическим возрастом $\tau > 10^6$ лет) и связанный с ним нагрев полярных шапок. 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. Работа выполнена при частичной поддержке Гранта Президента РФ по поддержке ВНШР (НШ 9297.2016.2).

Алексей Владимирович Белоновский
(СПб АУ НОЦНТ РАН)

*Зависимость рентгеновской поляризации
аккрецирующих черных дыр от заряда и момента
вращения черной дыры*

// А.В. Белоновский, Ю.Н. Гнедин, И.Г. Дымникова

В данной работе изучается влияние заряда и момента вращения черных дыр на поляризацию их излучения. Эти данные в дальнейшем будут использованы при анализе наблюдения рентгеновской поляризации аккрецирующих черных дыр. Радиус последней устойчивой орбиты уменьшается с ростом заряда и момента вращения, что приводит к увеличению магнитного поля в аккреционном диске. Магнитное поле, в свою очередь, влияет на поляризацию рентгеновского излучения. Увеличение значения магнитного поля приводит к уменьшению поляризации по сравнению с классической теорией Соболева–Чандрасекара. Представлены оценки величин магнитных полей для ря-

да активных галактических ядер. Эти оценки выполнены с использованием полученных из наблюдений величин степени линейной поляризации и позиционных углов в широких линиях $H\alpha$ и в близлежащем непрерывном спектре. Найденные значения магнитных полей на расстояниях, где излучаются широкие линии, позволяют получить оценки величин магнитных полей в области первой от центра стабильной орбиты и на горизонте центральной чёрной дыры.

Антон Владимирович Бирюков (ГАИШ МГУ)

Уточнение классической оценки магнитного поля одиночных радиопульсаров

// А. Бирюков (ГАИШ МГУ, Казанский ФУ), А. Асташенок (Балтийский ФУ им. Канта), Г. Бескин (САО РАН, Казанский ФУ)

Предлагается уточненный вариант классической “магнито-дипольной” оценки магнитного поля радиопульсаров $B_0 = 3.2 \times 10^{19} \sqrt{P\dot{P}}$ Гс (где P – период пульсара) в виде $\log B = \log B_0 + \Delta_B$. Поправка Δ_B и ее распределение задаются реалистичным законом замедления вида $P\dot{P} \propto B^2(k_0 + k_1 \sin^2 \alpha)$ [Spitkovsky 2006, Philippon+2014], наблюдаемой статистикой масс M и магнитных углов α пульсаров, а также принятым уравнением состояния (EoS). Используя актуальные распределения $p(M)$ и $p(\alpha)$ и рассматривая репрезентативный набор из 22 EoS, мы показываем, что Δ_B имеет распределение, близкое к нормальному со средним в диапазоне $-0.5.. -0.25$ dex и шириной $\sim 0.07..0.10$ dex. Последняя величина задает формальную точность предлагаемой оценки магнитного поля, т.к. Δ_B не зависит статистически от $\log B_0$. Обсуждается возможное влияние шума тайминга на $\log B$ и приложения полученных результатов.

Антон Владимирович Бирюков (ГАИШ МГУ)

Наблюдаемая эволюция магнитного поля одиночных радиопульсаров

// А. Бирюков (ГАИШ МГУ, Казанский ФУ), А. Асташенок (Балтийский ФУ им. Канта), Г. Бескин (САО РАН, Казанский ФУ), С. Карпов (САО РАН, Казанский ФУ)

Исследуется эмпирическая зависимость магнитного поля на поверхности одиночных радиопульсаров от их возраста. Используется робастная наблюдательная оценка величины магнитного поля, основанная на современных представлениях об уравнении состояния сверхплотного вещества (EoS), распределении масс и магнитных углов нейтронных звёзд, а также о законе замедления их вращения. С её помощью для выборки пульсаров, имеющих надёжные независимые оценки возраста (22 объекта, ассоциированных с остатками сверхновых, и 54 пульсара с кинематическими оценками возрастов) строится зависимость величины поля от возраста. Показывается, что последняя имеет значимый тренд, асимптотически описываемый степенным законом $B(t) \propto t^{-a}$, где

$a = 0.21 \pm 0.04$ и не зависит от выбора EoS. Обнаруженный тренд хорошо согласуется с теоретическими моделями распада магнитных полей одиночных НЗ.

Станислава Дмитриевна Булига (ГАО РАН)

Определение скорости отдачи черных дыр, эжектированных гравитационным излучением при слияниях галактик // М.Ю. Пиотрович, Ю.Н. Гнедин, Т.М. Нацвлишвили, С.Д. Булига

Современные численные моделирования в рамках ОТО показывают, что слияние двух вращающихся черных дыр может привести к скоростям отдачи оставшихся черных дыр вплоть до тысяч км/с в результате воздействия гравитационного излучения. Важно отметить, что аккреционный диск остается связанным с эжектированной черной дырой в области, где орбитальная скорость газа больше, чем скорость эжекции. Мы рассматривали ситуацию, когда радиус отдачи совпадает с радиусом области широких эмиссионных линий. Мы показываем, что в этом случае наблюдаемая поляризация излучения аккреционного диска позволяет определить величину скорости отдачи. В результате представлены оценки скорости отдачи для активных ядер галактик с известной поляризацией.

Евгений Олегович Васильев (ЮФУ)

Особенности динамики шаровых скоплений с черными дырами промежуточных масс // М.В. Рябова, Ю.А. Шекинов, Е.О. Васильев

Недавно проведенный фотометрический и спектроскопический анализ некоторых шаровых скоплений (ω Cen, NGC 5286, NGC 6266, NGC 6388) Галактики говорит в пользу того, что в них могут содержаться черные дыры средних масс (Feldmeier et al., A&A, 2013). Такие черные дыры занимают промежуточное положение между черными дырами звездных масс и сверхмассивными черными дырами. В работе в рамках численного N-body моделирования исследуется влияние среднемассивной черной дыры (массой порядка 1% от массы скопления), расположенной в центре шарового скопления, на динамическую эволюцию этого скопления: профили плотности и поверхностной яркости, радиальное распределение дисперсии скоростей, образование популяции двойных звезд. Сравнение расчета динамики шаровых скоплений, отличающихся наличием и отсутствием среднемассивной черной дыры, показало, что при наличии черной дыры коллапс ядра менее ярко выражен. Возможно, этот эффект может приводить к ограничению скорости роста массы черной дыры, и даже существованию ограничения на массу черной дыры.

Александр Сергеевич Винокуров (САО РАН)

Исследование NGC4559 X-10 и NGC4395 ULX-1 в оптическом и рентгеновском диапазонах // А.С. Винокуров, К.Е. Атапин, С.Н. Фабрика

Мы представляем результаты исследования в оптическом и рентгеновском диапазонах ультраярких рентгеновских источников NGC4559 X-10 и NGC4395 ULX-1. Спектральное распределение энергии в оптическом диапазоне NGC4559 X-10 соответствует сверхгиганту спектрального класса F, тогда как NGC4395 ULX-1 имеет горячий степенной спектр. В оптических спектрах NGC4395 ULX-1 нами обнаружена широкая эмиссионная линия He II 4686, по данным рентгеновской обсерватории Swift у объекта найден период около 63 дней. Рентгеновская фазовая кривая блеска NGC4395 ULX-1 оказалась похожа на прецессионную кривую SS433.

Сергей Герасимов (МГУ ВМК)

Система обработки больших массивов астрономических данных на платформе Apache Spark // С.В. Герасимов, А.В. Мещеряков

Новые открытия в современной астрофизике непосредственно зависят от качества работы алгоритмов первичной обработки изображений, получаемых с телескопов, и точности методов анализа данных, применяемых на последующих шагах анализа. Скорость получения астрономических данных растет экспоненциально, для обзорных телескопов нового поколения, таких как LSST поток научных данных составит около 15ТБ/сутки. Объем астрономических изображений, хранящихся в открытых архивах обсерваторий по всему миру, уже сегодня составляет несколько петабайт. Наш проект посвящен созданию системы анализа астрономических данных, опирающейся на современные технологии обработки больших данных (англ. big data) и высокоточные методы машинного обучения (англ. machine learning). Целью разработки системы является надление астронома-исследователя легко доступным в “облаке” инструментарием, позволяющим производить как (i) калибровку и унифицированную обработку больших массивов “сырых” изображений неба из данных небесных обзоров в разных спектральных диапазонах, так и (ii) последующее применение алгоритмов машинного обучения для их эффективного анализа.

Пётр Евгеньевич Гладилин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Нейтринное и гамма-излучение от сверхновой в компактном звёздном кластере // П.Е. Гладилин, А.М. Быков, С.М. Осипов

Компактные кластеры молодых массивных звёзд наблюдаются в нашей Галактике и в Галактиках с повышенным звёздообразованием. Кластеры со множественными звёздными ветрами и ударными волнами являются областями эффективного ускорения космических лучей до ультрарелятивистских энергий. Источники, связанные со взаимодействием ударной волны сверхновой с ветрами молодых звёзд, имеют сложное распределение ускоренных частиц по энергиям со спектральным изломом в районе нескольких ТэВ и жёстким степенным спектром от 10 ТэВ до 10 ПэВ. Повышенный поток ускоренных частиц в этом диапазоне позволяет получить высокие потоки нейтрино и гамма-излучения с энергиями свыше 1 ТэВ. В докладе обсуждаются последние наблюдения обсерватории H.E.S.S. ярких гамма-источников в области галактических звёздных кластеров Вестерлунд 1 и Cl*1806. Гамма-источник со сверхновой в компактном кластере может продуцировать сопутствующий поток нейтрино от р-р-взаимодействий с окружающей средой, позволяющий объяснить часть высокоэнергичных событий, детектированных комплексом IceCube.

Оганесян Гор (Международная школа передовых исследований, Триест)

Изломы спектров гамма-всплесков в мягком рентгене
// Г. Оганесян, Л. Нава, Д. Гирлянда, А. Челотти

Мы представляем анализ разрешенных по времени спектров гамма-всплесков в широком диапазоне энергий: от 0.5 кэВ до 1 МэВ благодаря наблюдениям рентгеновского телескопа XRT во время активности гамма-всплесков. Анализ спектров гамма-всплесков в таком широком диапазоне показывает, что привычные модели, которые описывают излучение в жестком рентгене и гамма-диапазоне, не способны описывать спектры в мягком рентгене. Минимальное расширение модели высокоэнергетического излучения, такое как добавление излома, позволяет описывать спектр в мягком рентгене. Мы сравниваем наблюдательные параметры спектров в модели с изломом с предсказаниями моделей с синхротронным механизмом излучения в различных режимах.

Михаил Евгеньевич Гусаков (ФТИ им. Иоффе РАН)

Резонансный спектр г-мод в сверхтекучих нейтронных звездах с примесью мюонов // Е.М. Кантор, М.Е. Гусаков

Рассчитан спектр г-мод колебаний вращающихся сверхтекучих нейтронных звезд в пренебрежении эффектом увлечения между нейтронами и протонами. Показано, что в нейтронных звездах, состоящих из нейтронов, протонов и электронов существует только две г-моды – нормальная и сверхтекучая. Примесь мюонов делает число сверхтекучих г-мод бесконечным

и существенно изменяет колебательный спектр. Рассчитаны времена затухания g -мод за счет взаимного трения и соответствующие “окна” g -модной неустойчивости, которая возникает из-за излучения гравитационных волн колеблющейся звездой. Показано, что резонансы между нормальной g -модой и сверхтекучими модами существенно стабилизируют звезду.

Андрей Андреевич Даниленко (ФТИ им. Иоффе РАН)

Глубокие оптические наблюдения необычной нейтронной звезды Кальвера на GTC

// Ю. Шибанов, А. Даниленко, С. Жариков, П. Штернин, Д.А. Зюзин

Кальвера – необычная изолированная нейтронная звезда с чисто тепловым рентгеновским спектром, типичным для центральных компактных объектов в остатках сверхновых. С другой стороны, ее период вращения и связанная с замедлением вращения полная светимость типичны для обычных пульсаров. Кальвера была обнаружена и исследована в рентгеновских лучах, но до сих пор не обнаружена в других спектральных диапазонах. Мы представляем результаты глубоких оптических наблюдений поля Кальверы, проведенных на 10-м Gran Telescopio Canarias в полосах g' и i' . В пределах 1 угловой секунды от Кальверы мы обнаружили два точечных объекта, которые не видны на оптических изображениях, полученных ранее. Тем не менее, точная астрометрия показала, что ни один из них не связан с Кальверой. Мы поставили новые верхние пределы на оптическую яркость Кальверы, $g' > 27.87$ и $i' > 26.84$. Мы также заново проанализировали все имеющиеся архивные данные наблюдений Кальверы в рентгеновском диапазоне. Сравнение параметров теплового рентгеновского излучения Кальверы и верхних пределов на яркость нетеплового излучения Кальверы в рентгеновском и оптическом диапазонах с соответствующими данными для обычных пульсаров показывает, что Кальвера может принадлежать к классу обычных пульсаров среднего возраста, если предположить, что расстояние до нее находится в диапазоне 1.5 – 5 кпк.

Александра Алексеевна Добрынина (ЯрГУ, Max Planck Institute for Physics)

Осцилляции спиральности дираковского и майорановского нейтрино

// А.А. Добрынина, А.А. Картавцев, Г.Г. Раффелт

Спиральность массивного дираковского нейтрино изменяется с течением времени под влиянием магнитного поля, поскольку у нейтрино имеется магнитный дипольный момент, пропорциональный массе нейтрино. Недавно было показано,

что поляризованная (данное свойство характеризуется появлением аксиально-векторного тока) или анизотропная (наличие векторного тока) астрофизическая плазма способна вызвать такой же эффект у нейтрино вне зависимости от природы (дираковское или майорановское) этой частицы. Так как в присутствии магнитного поля у окружающей нейтрино среды появляется поляризация, то это, в свою очередь, приводит к осцилляциям спиральности нейтрино даже в случае нейтрино майорановского типа, если электрон-позитронная плазма не обладает зарядовой симметрией. Основываясь на данных наблюдениях, было рассмотрено влияние магнитного поля и анизотропной или поляризованной плазмы на осцилляции спиральности дираковского и майорановского нейтрино с точки зрения дисперсии нейтрино в рассматриваемой среде. Данная работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 16 – 32 – 00066 мол_а, при поддержке фонда Династия и при частичной финансовой поддержке Немецкого научно-исследовательского общества (DFG) грант No. EXC-153 (Ведущий инновационный центр "Происхождение и структура Вселенной") и Европейского сообщества грант No. PITN-GA-2011-289442 (FP7 Программа поддержки аспирантов и молодых ученых "Invisibles").

Василий Александрович Доммес (ФТИ им. Иоффе РАН)

*Сила плавучести и динамика
сверхтекучих/сверхпроводящих вихрей в нейтронных
звездах // В.А. Доммес, М.Е. Гусаков*

Если протоны в ядре нейтронной звезды образуют сверхпроводник II рода, то магнитное поле проникает в ядро в форме вихрей Абрикосова. Поэтому задача об эволюции магнитного поля в сверхпроводящем ядре сводится к исследованию динамики сверхпроводящих протонных вихрей. Среди сил, действующих на вихрь, мы отдельно рассматриваем силу плавучести, наличие которой учитывается во многих работах, однако игнорируется либо ставится под сомнение в ряде других. Мы показываем, что общепринятое выражение для силы плавучести не всегда верно и должно быть модифицировано. Кроме того мы показываем, что сила плавучести в неявном виде уже содержится в сверхтекучей гидродинамике Халатникова и её обобщении на случай сверхтекучих/сверхпроводящих смесей. Также мы получаем оценки на характерное время эволюции магнитного поля в сверхпроводящем ядре нейтронной звезды. Работа поддержана Российским Научным Фондом (грант № 14-12-00316).

Виктор Дорошенко (Институт Астрономии и
Астрофизики, университет Тюбингена)

*Энергия циклотронной линии как функция светимости
в V 0332+53 по данным наблюдений NuSTAR в 2015-2016*

годах // В. Дорошенко, С. Цыганков, А. Муштуков, А. Лутовинов, А. Сантанжело, В. Сулейманов, Ю. Поутанен

В постере представлены результаты анализа наблюдений транзиентного рентгеновского пульсара с Ве донором V 0332+53 по данным обсерватории NuSTAR, полученным в ходе вспышек в 2015 и 2016 годах с целью анализа зависимости наблюдаемой энергии циклотронной линии как функции светимости. Помимо известной ранее линейной анти-корреляции энергии линии и потока было обнаружено линейное уменьшение энергии линии со временем в ходе гигантской вспышки 2015 года (на 5%) с последующим возвратом к прежним значениям в 2016 году. По всей видимости эти изменения связаны с конфигурацией излучающих областей. Кроме того, был обнаружен переход от анти-корреляции энергии линии с потоком к корреляции на низких светимостях (10^{37} эрг/с), который вероятно связан с исчезновением аккреционной колонки и хорошо согласуется с теоретическими оценками.

Максим Викторович Еселевич (ИСЗФ СО РАН)

Телескопы Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН в составе комплекса наземной оптической поддержки космической обсерватории «Спектр-РГ»

// И.В. Коробцев, Е.В. Клунко, Р.А. Буренин, М.В. Еселевич

В 2014-2016 годах в рамках работ по оценке возможностей оптических телескопов АЗТ-ЗЗИК и АЗТ-ЗЗВМ Саянской обсерватории в составе комплекса наземной оптической поддержки космической обсерватории «Спектр-РГ» были проведены различные наблюдения. В докладе представлены некоторые результаты, касающиеся вопросов поддержки научной части проекта, а также получения необходимой траекторной информации о движении космического аппарата. Обсуждаются возможности участия введенного в эксплуатацию широкоугольного телескопа АЗТ-ЗЗВМ в программах астрофизических исследований.

Владимир Николаевич Зиракашвили (ИЗМИРАН)

Совпадения между направлениями прихода IceCube нейтрино и сверхновыми типа IIp

// В.Н. Зиракашвили, В.С. Птускин

Показано, что протоны могут ускоряться до энергий около 100 ПэВ ударными волнами, распространяющимися в очень плотном газе остатков сверхновых типа IIp. Максимальная энергия порядка 5 ПэВ для нейтрино, производимых ускоренными частицами при pp столкновениях в плотном газе остатка, и частота вспышек сверхновых типа IIp во Вселенной достаточны для объяснения потока

нейтрино высоких энергий, зарегистрированных установкой IceCube. Основной вклад дают далекие сверхновые при $z \sim 1$, в то время как вклад от более близких наблюдаемых сверхновых типа II α составляет около 1 процента. Найдено 2 совпадения между направлениями на сверхновые типа II α и направлениями прихода трековых IceCube нейтрино, измеренными с хорошим угловым разрешением порядка 1 градуса: нейтрино №47 из 1-го списка IceCube (Aartsen et al. 2015) на расстоянии 1.35 градуса от SN2005bh (вероятность случайного совпадения 0.35) и нейтрино №11 из 2-го списка IceCube (Aartsen et al. 2016) на расстоянии 0.28 градуса от SN2005jq (вероятность случайного совпадения 0.07).

Владимир Николаевич Зиракашвили (ИЗМИРАН)

Определение энергетического спектра и состава внегалактических источников частиц сверхвысоких энергий // В.Н. Зиракашвили, Е.Г. Клепач, В.С. Птускин, С.И. Роговая

Рассматривается распространение ядер со сверхвысокими энергиями в расширяющейся Вселенной, заполненной фоновым электромагнитным излучением. Разработан численный метод решения обратной задачи для уравнения переноса космических лучей, который позволяет определить спектр источников по наблюдаемому у Земли спектру космических лучей. Найдены спектры инжектированных протонов и ядер во внегалактических источниках в предположении, что эти спектры – функции магнитной жесткости частиц. Используются данные наблюдений, полученные в эксперименте Auger.

Дмитрий Александрович Зюзин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Наблюдения пульсара PSR B1951+32 и его туманности

Представлены результаты наблюдений пульсара PSR B1951+32 и его туманности в оптическом (фильтры g' и r') и ближнем инфракрасном (фильтр Ks) диапазонах с помощью 8 м телескопа Gemini-North. В инфракрасном диапазоне для повышения пространственного разрешения использовались методы адаптивной оптики. Измерениями собственного движения показано, что загадочная яркая компактная пространственная структура, обнаруженная ранее в оптике с помощью телескопа им. Хаббла на расстоянии около одной угловой секунды от положения пульсара, так называемый «узел», движется вместе с пульсаром и тем самым четко ассоциируется с ним. Обсуждается природа этого «узла», который по всей видимости аналогичен узлу, наблюдаемому в $0''.6$ от пульсара в Крабовидной туманности. Также, в фильтрах r' и g' вокруг пульсара детектирована протяженная пульсарная туманность типа головной ударной волны. Излучение ударной волны в этих фильтрах доминируется балмеровскими эмиссионными линиями водорода H-альфа и H-бета, соответственно, возбуждаемыми взаимодействием пульсарного ветра с окружающей средой. Ударная волна особенно четко

видна в линии H-бета, в которой для данного пульсара она обнаружена впервые.

Михаил Михайлович Иванов (МГУ, ИЯИ РАН)

Крупномасштабная структура Вселенной: на заре новой эры в космологии // М. Иванов, Д. Блас, М. Гарни, С. Сибиряков

Космология вступает в эпоху крупномасштабной структуры Вселенной. Уже в ближайшем будущем спутники и телескопы нового поколения, такие как «Евклид», LSST и DESI, займутся измерением распределения вещества во Вселенной, которое зависит от множества космологических параметров. Для максимального прогресса в космологии необходимо точно понимать свойства этого распределения. Однако ситуация значительно осложнена эффектами нелинейной кластеризации, существенными для масштабов меньше 100 Мпк. В своем докладе я представлю новый метод описания крупномасштабной структуры Вселенной, который называется «теория возмущений на временных расслоениях» (time-sliced perturbation theory). Ключевая идея этого метода, основанного на формализме физики частиц, состоит в изучении зависящей от времени функции распределения плотности материи. Я покажу, что новый метод позволяет систематически, самосогласованно и надежно вычислять космологические наблюдаемые в режиме как малых, так и больших нелинейностей. В заключение доклада я обсужу возможности обнаружения новой физики, используя предложенный метод при анализе космологических наблюдений ближайшего будущего.

Олег Евгеньевич Калашев (ИЯИ РАН)

Ограничения на первичный массовый состав и эволюцию источников космических лучей ультравысоких энергий по вторичным сигналам.

Измерения массового состава космических лучей (КЛ) ультравысоких энергий (УВЭ), основанные на интерпретации наблюдаемых свойств широких атмосферных ливней, инициированных КЛ УВЭ, страдают от большой систематической ошибки. В то же время массовый состав КЛ, а также эволюцию источников, можно ограничить, изучая вторичные сигналы от взаимодействий КЛ УВЭ в межгалактическом пространстве. Мы вычисляем поток каскадного гамма-излучения и нейтрино, производимый протонами УВЭ, и сравниваем их с измерениями диффузного гамма-излучения в телескопе Ферми, и потока астрофизических нейтрино в эксперименте IceCube.

Илья Юрьевич Калашников (Национальный
исследовательский ядерный университет «МИФИ»)

*Математическая модель моделирования
астрофизических джетов на установке типа
"плазменный фокус" // И.Ю. Калашников, В.И. Крауз, В.М. Чечёткин*

Одним из наиболее интересных свойств астрофизических джетов является распространение на расстояния, во много раз превышающие их диаметры. Физические процессы, лежащие в основе такого поведения до сих пор не вполне ясны. К тому же большинство астрофизических параметров не могут быть измерены и остаются неизвестными для нас. Это затрудняет проверку любых теоретических моделей.

Использование Z-пинчевых установок позволяет проводить хорошо управляемые и хорошо диагностируемые лабораторные эксперименты по исследованию лабораторных джетов, имеющих те же самые скейлинговые параметры, что и астрофизические. Это дает возможность наблюдать процессы, недоступные для астрономических наблюдений.

Из-за большой нелинейности задачи построение аналитической теории, как правило, ограничивается лишь качественными оценками. Поэтому большую роль в изучении динамики распространения джетов играет численное моделирование.

В докладе представлены результаты численного решения уравнений идеальной магнитной гидродинамики, описывающих распространение джета, образованного в лабораторной установке ПФ-3. Делаются выводы относительно параметров, влияющих на коллимированное движение джета сквозь окружающую среду. Обсуждаются различия в динамике единичного джета и непрерывного потока вещества.

Дмитрий Карасев (ИКИ РАН)

*Исследование гигантов красного сгущения балджа в
ближнем ИК диапазоне. Абсолютные величины в
фильтрах Z и Y. // Д.И. Карасев, А.А. Лутовинов*

Настоящая работа посвящена исследованию свойств гигантов красного сгущения центральных областей балджа Галактики в фотометрических полосах Z и Y инфракрасного обзора балджа VVV (VISTA/ESO). В работе были получены абсолютные величины указанного класса объектов в соответствующих фильтрах с учетом возможного отклонения закона поглощения в балдже от стандартного, локального. Поскольку средний возраст гигантов в балдже около 10 гигаlet, то именно эти два фильтра являются наименее чувствительными к изменениям и вариациям металличности, являясь опорными. Полученные результаты могут быть полезны для дальнейшего исследования центральных областей Галактики

в одном из наиболее информативных индикаторов. Отметим также что помимо прочего были уточнены абсолютные величины гигантов для полос J и H.

Иван Сергеевич Карпиков (ИЯИ РАН)

*Мюонная компонента широких атмосферных ливней:
ШАЛ-МГУ, сравнение данных с Монте-Карло*

// Ю. А. Фомин, Н.Н. Калмыков, И.С. Карпиков, Г.В. Куликов, М.Ю. Кузнецов, Г.И. Рубцов, В.П. Сулаков, С.В. Троицкий.

В работе были проанализированы мюонные данные эксперимента ШАЛ-МГУ, с целью измерить среднее числа мюонов в широких атмосферных ливнях с энергией 10^{17} эВ. Мы сравниваем наблюдаемую плотность мюонов с той, которая была предсказана в симуляции ШАЛ вызванными первичными протонами и ядрами железа. Для симуляции использовался пакет CORSIKA 7.4001 с адронной моделью для высоких и низких энергий QGSJET-II-04 и FLUKA2011.2c, соответственно, и моделью для электромагнитной компоненты EGS4. Исследование предлагает, что существуют две различных адронных компоненты "легкая" и "тяжелая". Моделирование установки ШАЛ-МГУ, в которой легкая компонента это протоны, а тяжелая это ядра железа, хорошо описывает экспериментальные мюонные данные с учетом первичного состава, найденного при помощи наземной решетки детекторов. В предположении двухкомпонентного первичного состава и адронной модели QGSJET-II-04 доля протонов и ядер железа составляет 48% и 52% соответственно.

Сергей Ортабаевич Кийков (Южно-Уральский
государственный университет))

*Магнитокавитационный механизм плазменного выброса
из атмосферы красного карлика // С.О. Кийков*

Исследуется процесс генерации выброса плазмы из атмосферы красного карлика. Предполагается, что такие выбросы могут происходить вместе со вспышками, наблюдаемыми в атмосферах этих звезд. В качестве возможного механизма генерации выбросов рассматривается магнитокавитационный механизм. Согласно этому механизму, плазменные выбросы возникают в результате разрушения замагниченных неоднородностей в атмосферах красных карликов, сопровождаемые магнитным пересоединением. Причинами таких разрушений могут быть резонансные волновые процессы и ударные волны в атмосферной плазме. Выполнены оценки параметров, характеризующих выброс плазмы.

Павел Сергеевич Кириленко (НГУ)

Разработка детектора для регистрации мюонной компоненты широких атмосферных ливней

// П.С. Кириленко, Е.А. Кравченко, А.Ю. Барняков, С.Г. Пивоваров, А.В. Соколов, Ю.А. Тихонов, А.Ю. Гармаш

Одним из экспериментальных методов астрофизики при энергиях космического излучения 10 ТэВ и выше является регистрация широких атмосферных ливней (ШАЛ). При этом одной из задач, возникающей при регистрации ШАЛ, является определение природы первичной частицы. ШАЛ, вызванный протоном или ядром, содержит в 30-50 раз больше мюонов, чем ШАЛ, порожденный гамма-квантом той же энергии. Таким образом, регистрация мюонной компоненты ливня может дать дополнительную информацию о природе первичной частицы. Регистрация мюонов осуществляется с помощью сцинтилляционных детекторов. В рамках эксперимента TAIGA (Tunka Advanced Instrument for cosmic-ray physics and Gamma Astronomy) предполагается создание мюонной системы регистрации ШАЛ на площади порядка 5 кв.км. Мюонная система должна состоять из двух слоев детекторов, находящихся на поверхности и под землей, для выделения мюонной компоненты ливня. При этом площадь детектирования должна составлять не менее 0.1% от площади обсерватории. Одним из ключевых требований к детектору в этом случае является низкая стоимость. В ходе работ, описанных в докладе, была разработана конструкция сцинтилляционного счетчика с использованием переизлучателей спектра (шифтеров). Применение шифтеров для сбора сцинтилляционного света позволяет использовать в детекторе компактные фотоумножители с малым диаметром фотокатода, что значительно снижает стоимость готового счетчика. Для проверки технологии был собран прототип счетчика с площадью сцинтиллятора 0.25 кв.м. Прототип был успешно испытан на естественном мюонном фоне, доказав практичность выбранной конструкции.

Андрей Андреевич Кожберов (ФТИ им. Иоффе РАН)

Фононные и термодинамические свойства кулоновских кристаллов в магнитном поле с учетом поляризации электронного фона. // Д.А. Байко, ФТИ им. Иоффе РАН

Считается, что вещество в недрах белых карликов и нейтронных звезд состоит из вырожденного релятивистского электронного газа и полностью ионизованных ионов. При достаточно низких температурах ионы образуют кристалл, называемый кулоновским. В работе детально исследован фононный спектр и термодинамические свойства кулоновских кристаллов во внешнем магнитном поле с учетом поляризации электронного фона, проведено сравнение с рассмотренными ранее случаями. Показано, что магнитное поле может существенно влиять на тепловую эволюцию звезд. Так, поля порядка 10^{14} Гс при

температуре ниже плазменной способствуют уменьшению теплоёмкости кристалла в несколько десятков раз. В то время как поляризация электронов столь существенного эффекта на термодинамику подобных систем не оказывает.

Александр Иванович Колбин (Казанский (Приволжский)
федеральный университет)

*Фотометрическое и спектроскопическое исследование
молодых магнитоактивных звезд* // А.И. Колбин, А.И. Галеев,
Д.О. Кудрявцев

В работе выполнены фотометрические и спектроскопические исследования двух быстровращающихся ($v \sin i > 100$ км/с) G-карликов скопления Альфа Персея He373 и AP225, а также молодого магнитоактивного K-карлика RW And. Найдены фундаментальные параметры He373 и AP225, для обеих звезд обнаружены высокие скорости вращения $v \sin i = 138$ и $v \sin i = 164$ км/с. Фотометрическое картирование этих звезд выявило наличие больших зон запятности (5-12% поверхности звезды), располагающихся на высоких широтах. Анализ профилей H альфа позволяет говорить о существовании вокруг звезд протяженных областей эмиссии, достигающих коротационного радиуса. Поверхность RW And была картирована методом доплеровской томографии. Получено распределение запятности с концентрацией пятен около широты 40 градусов.

Владимир Николаевич Кондратьев (Киевский
Национальный университет им. Тараса Шевченко)

*Универсальная статистика мягких повторяющихся
гамма(МППГ)-всплесков* // В.Н. Кондратьев

Мягкие повторяющиеся гамма(МППГ)-всплески рассмотрены как результат выхода магнитной энергии, запасенной в барионных степенях свободы коры магнитаров. Показано, что такая интерпретация МППГ активности позволяет систематизировать все наблюдения подобных всплесков, извлечь и объяснить универсальные статистические свойства.

Виктор Моисеевич Конторович (Радиоастрономический
институт НАН Украины)

*Нелинейное отражение от поверхности нейтронной
звезды решает загадку аномального излучения пульсара*

в Крабе // В.М. Конторович, С.В. Трофименко

Известные аномалии излучения пульсара в Крабовидной туманности (сдвиг интеримпульса и появление дополнительных вч-компонент в сантиметровом диапазоне [1,2]) могут быть объяснены новым механизмом излучения – отражением излучения возвратного потока релятивистских позитронов от поверхности нейтронной звезды [3,4]. Для сдвига интеримпульса существен наклон магнитного поля в полюсе, связанный с его отличием от диполя и, возможно, с наличием тороидальной компоненты. Сдвиг связан с зеркальным отражением, а за возникновение вч-компонент ответственно нелинейное отражение, вызванное, например, вынужденным рассеянием на поверхности. Данные по частотному дрейфу положения компонент [2] заставляют привлечь к его объяснению многоволновость и рефракцию в магнитосфере при распространении отраженных волн от одного и того же полюса. Показано также, как в данном случае может возникать когерентность в отраженном излучении. Развитие неустойчивостей (Голдраха-Кили, двухпотоковой – за счет встречного движения электронов, и др.) в потоках релятивистских позитронов приводит к (частичной) когерентности, достаточной для получения наблюдаемых яркостных температур. Тем самым не только дано объяснение некоторым загадкам излучения пульсара в Крабе, но и приведены аргументы в пользу того, что часть излучения пульсаров возникает во внутреннем зазоре под магнитосферой.

Литература

1. D.Moffett & T.Hankins, ApJ. 468, 779 (1996); astro/ph 9604163
2. T.Hankins, G.Jones & J.Eilek, arXiv:1502.00677v1 [astro-ph.HE]
3. В.Конторович, С.Трофименко, ArXiv: 1606.02966
4. V.Kontorovich, Low Temperature Physics 42, 672 (2016)

Сергей Сергеевич Котов (САО РАН)

Оценка полноты выборки квазаров в Слоановском обзоре
// С.С. Котов, С.Н. Додонов

Нами была проведена оценка полноты выборки квазаров в поле $9 \text{ } 40 \text{ } +50$, полученных по результатам Слоановской фотометрии (Bovy 2015, Richards 2015). Мы провели прямое сравнение выборки квазаров Слоановского обзора и выборки квазаров, полученной по наблюдениям в среднеполосных фильтрах (Додонов 2012). Нами получена полнота выборки квазаров для $Z < 2.2$ порядка 80%. Для $Z > 2.2$ полнота Слоановской выборки квазаров не превышает 30%.

Кирилл Юрьевич Краав (СПбПУ)

Влияние мелкомасштабного поля на эволюцию угла наклона и затухание прецессии нейтронной звезды
// К.Ю. Краав, Д.П. Барсуков

Рассматривается влияние мелкомасштабного поля на эволюцию угла наклона пульсаров и затухание прецессии. Нейтронная звезда предполагается состоящей

из трех свободно вращающихся друг относительно друга компонент: коры и двух компонент внутри ядра. Предполагается, что каждая из компонент вращается твердотельно, и считается, что одна из ядерных компонент содержит припинингованную сверхтекучую жидкость. В рамках рассматриваемой модели нейтронная звезда может одновременно иметь долгопериодическую прецессию (с периодом $10^2 - 10^4$ лет) и испытывать глитчеобразные скачки скорости вращения. Показано, что случай с малым количеством припинингованной сверхтекучей жидкости лучше согласуется с наблюдениями. Работа выполнена при частичной поддержке Гранта Президента РФ при поддержке ВНИИР (НШ 9297.2016.2).

Вячеслав Иванович Крауз (НИЦ Курчатовский институт)

Исследование структуры магнитных полей в плазменном потоке при лабораторном моделировании астрофизических джетов на установках типа «плазменный фокус» // В.И. Крауз, К.Н. Митрофанов, В.В. Мялтон, С.А. Ананьев, Д.А. Войтенко, М. Падух, К. Томашевски, А.М. Харрасов

Установки типа «плазменный фокус» могут быть успешно использованы при моделировании динамики джетов молодых звездных объектов. Одним из важнейших параметров, который может быть промоделирован в нашем эксперименте, является структура и распределение магнитного поля. С помощью магнитных зондов показано, что плазменный поток распространяется с замороженным магнитным полем. Исследования выполнены на различных расстояниях от места генерации на трех установках: (ПФ-3, НИЦ «Курчатовский институт», КПФ-4, СФТИ, Сухум и RF-1000, Варшава). Полученные радиальные распределения азимутального магнитного поля свидетельствуют о наличии продольного тока 10 кА, протекающего в приосевой области радиусом 1-2 см и создающего тороидальное удерживающее магнитное поле. На периферии потока наблюдаются структуры, связанные с протеканием обратных токов. Обнаружено сильное затухание магнитного поля по мере распространения потока вдоль оси. Тем не менее, при разряде в неоне сохраняется компактность головной части плазменного потока на значительных расстояниях, что может быть обусловлено радиационным охлаждением плазмы. Измерения, выполненные трехкомпонентным магнитным зондом, продемонстрировали вращение вектора магнитного поля, что в условиях замороженности поля может быть обусловлено вращением плазменного потока. Показано, что магнитное поле сосредоточено в области слабого оптического свечения плазмы, в так называемых «магнитных пузырях». Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проектами РФФИ № 14-29-06085, 14-02-01203 и 15-52-40009

Михаил Кузнецов (ИЯИ РАН)

*Тяжелая темная материя и космические лучи
сверхвысоких энергий* // М.Ю. Кузнецов, О.Е. Калашев

Темная материя состоящая из долгоживущих частиц с массой $10^7 < M_X < 10^{16}$ ГэВ рассматривается как источник фотонов и нейтрино сверхвысоких энергий. Новые наблюдательные ограничения на потоки этих частиц, полученные в ШАЛ и нейтринных экспериментах ведут к сильным ограничениям на время жизни темной материи. Предсказываемые потоки фотонов и нейтрино от распада темной материи оказываются сравнимы с предсказываемыми астрофизическими потоками, однако в случае темной материи потоки фотонов и нейтрино связаны друг с другом, что дает удобный критерий для анализа происхождения этих частиц в случае их детектирования.

Олег Алексеевич Куричин (СПбПУ)

*Аналитическая аппроксимация численных решений
уравнения Лейна - Эмдена* // О.А. Куричин, Д.А. Варшалович

В астрофизике для описания внутренней звездной структуры удобно использовать политропное приближение $P \sim \rho^n$. В этом случае зависимость всех величин от радиуса выражается через единственную функцию $\theta(\xi, n)$, являющуюся решением уравнения Лейна-Эмдена. В общем случае, это уравнение не имеет точного аналитического решения и может быть решено только численно. В данной работе обсуждаются аппроксимации функций $\theta(\xi, n)$, как для наиболее часто используемого сферического случая, так и одномерного и цилиндрического. Кроме того представлены удобные в использовании аппроксимации для $\xi_R(n)$ и $\theta'(\xi_R, n)$, где $\xi_R(n)$ – первый ноль функции $\theta(\xi, n)$.

Моисей Айзикович Лившиц (ИЗМИРАН)

*Связь обилия лития с активностью и образование ${}^6\text{Li}$ в
супервспышках на поздних звёздах* // М.А. Лившиц, М.М. Кацова,
Т.В. Мишенина, Б.А. Низамов, В.А. Батулин, А.Б. Горшков, А.В. Орешина

Высокоэнергичные процессы на Солнце изучаются уже давно. В самых мощных солнечных вспышках значительные потоки частиц – протонов с энергиями до 2–5 ГэВ — возникают на довольно малых высотах вблизи пятен. В последние годы на звёздах спектральных классов от А до М на КА Кеплер зарегистрированы супервспышки в оптическом и близком ИК-диапазоне. Вероятнее всего, происхождение этого излучения также связано с большими потоками ускоренных частиц. Супервспышки возникают, в основном, на молодых F-, G-

и К- звёздах. Обилие лития на этих звёздах также велико. Ранее мы провели наблюдения и выявили определённую связь между обилием лития и активностью поздних звёзд. Расширив массив наблюдаемых объектов почти вдвое, мы обнаружили значительное количество звёзд с высоким содержанием лития и слабой активностью. На ранних этапах жизни звезды на главной последовательности возможно формирование активных процессов, которые приводят к тому, что содержание ${}^7\text{Li}$ и ${}^6\text{Li}$ может расти. Действительно, если рассматривать образование лития при вспышках в результате ядерных реакций при пролёте ускоренных частиц в плазме, то в этом случае также образуется значительная часть ядер ${}^6\text{Li}$. Обсуждаются возможные источники, приводящие к генерации ядер ${}^6\text{Li}$ как при вспышках, так и на ранних стадиях эволюции звезды и перспективы наблюдений этих источников в рентгеновском и радиодиапазонах. На этом пути, возможно, удастся понять повышенное обилие ${}^6\text{Li}$ в Галактике.

Елена Дмитриевна Мазаева (ИКИ РАН)

Космический гамма-всплеск GRB 160625B, его послесвечение, сверхновая и их родительская галактика

// Е.Мазаева, А.Позаненко, А.Вольнова, А.Кусакин, И.Рева, В.Румянцев, Б.Хафизов, О.Бурхонов, Р.Инасаридзе, И.Молотов, Е.Клунко, А.Москвитин, Т.Фатхуллин

Гамма-всплеск GRB 160625B был зарегистрирован 25 июня 2016 года в 22:40:16 UT обсерваторией Fermi/GBM. В оптическом диапазоне он является одним из самых ярких ($V_{\text{max}}=8.8$ зв.вел., по данным Mini-MegaTORTORA и Pi-of-the-sky). В работе проведена фотометрическая обработка данных более 40 наблюдений, проведенных Тянь-Шаньской, Крымской, Майданакской, Абастуманской, Саянской ИСЗФ СО (п.Монды) астрофизических обсерваторий в период от 0.9 до 96 дня после регистрации всплеска. Построена и исследована оптическая кривая блеска, обнаружена родительская галактика. Также обсуждается наличие признака сверхновой в кривой блеска.

Константин Леонидович Маланчев (ГАИШ МГУ)

Freddi — новый инструмент для моделирования рентгеновских Новых // К.Л. Маланчев, Г.В. Липунова

Рентгеновские Новые — это вспышки, которые происходят в тесных двойных системах, содержащих черную дыру или нейтронную звезду. Судя по всему, эти вспышки связаны с нестационарной эволюцией аккреционных дисков близ компактного звездного остатка. На сегодняшний день не существует единого мнения о причине подобных вспышек, как не существует и единой модели, описывающей все многообразие форм их кривых блеска. Нашей

задачей было создание инструмента, способного моделировать как рентгеновские, так и оптические кривые блеска вспышек с быстрым ростом перед максимумом и экспоненциальным спадом (FRED). Подобные кривые блеска могут быть хорошо описаны в рамках вязкой эволюции стандартного альфа-диска. Для решения этой задачи нами создана программа *Freddi*, которая решает радиальное уравнение вязкой эволюции аккреционного диска с использованием аналитического решения уравнений вертикальной структуры. Код программы открыт и доступен всем желающим: <https://github.com/hombit/freddi/>

Игорь Фёдорович Малов (Пуштинская
радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН)

*О второй производной периода вращения и показателе
торможения радиопульсаров // И.Ф. Малов*

Проведен анализ различных механизмов торможения нейтронных звезд с целью определения знака второй производной периода, которую можно считать важнейшим параметром для оценки показателя торможения \dot{p} . Показано, что в рамках ряда моделей вторая производная может быть положительной и заметно уменьшать значение \dot{p} . Применяемые в настоящее время методы определения \dot{p} нуждаются в коррекции, поскольку они, как правило, основаны на предположении о постоянстве различных параметров пульсаров (магнитного поля, угла наклона магнитного момента к оси вращения нейтронной звезды и др.). Проведены оценки поправок к показателю торможения и показано, что для пульсаров с длинными периодами и малыми производными периода эти поправки могут стать заметными. *Astro-ph*NE: 1608.08084

Александр Валерьевич Мещеряков (ИКИ РАН)

*Распределенный метод сопоставления и анализа
астрономических каталогов на платформе Apache Spark
// Е.С. Глотов (МГУ)*

В работе предложен горизонтально-масштабируемый алгоритм сопоставления астрономических каталогов, реализованный на платформе распределенных вычислений Apache Spark. Метод обеспечивает необходимую точность сопоставления каталогов и хорошую производительность в сравнении с лучшими реализациями подобных систем, доступными в астрономическом сообществе. Горизонтальная масштабируемость предложенного метода была подтверждена с помощью экспериментов на кластере, развернутом в облаке Microsoft Azure.

Павел Минаев (ИКИ РАН)

Продленное излучение космических гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL // П. Минаев (ИКИ РАН), А. Позаненко (ИКИ РАН), А. Варец (ИКИ РАН)

Работа посвящена поиску и исследованию продленного излучения в кривых блеска космических гамма-всплесков по данным SPI-ACS/INTEGRAL. Составлена наиболее полная выборка космических гамма-всплесков, зарегистрированных в этом эксперименте за период с 2002 по 2016 г. и независимо подтвержденных другими КА. Проведена классификация событий – сформированы подвыборки длинных и коротких гамма-всплесков. Поиск продленного излучения проведен в индивидуальных кривых блеска и суммарной кривой блеска для каждой из подвыборок независимо. Продленное излучение было обнаружено и исследовано как в некоторых индивидуальных кривых блеска, так и в суммарной кривой для каждой из подгрупп. Обсуждается возможная природа и модели продленного излучения.

Арина Алексеевна Митрофанова (Казанский
(Приволжский) федеральный университет)

Исследование тесных двойных систем разных типов на основе моделирования их оптического излучения
// А.А. Митрофанова, В.В. Шиманский, Н.В. Борисов

Представлены результаты исследования четырех тесных двойных систем: молодых предкатаклизмических переменных PN G068.1+11.0 и TW Crv, предкатаклизмической переменной промежуточного возраста RE J2013+4002 и карликовой Новой GSC 02197-00886. Наблюдательные данные были получены на телескопах Цейсс-1000 и БТА САО РАН и РТТ-150 КФУ. При анализе лучевых скоростей всех систем использовался метод кросс-корреляции. Для предкатаклизмических переменных выполнено численное моделирование кривых блеска и спектров с последующим определением параметров систем. С использованием эволюционных треков планетарных туманностей разных масс (Т. Blocker, 1995) было получено два набора параметров системы PN G068.1+11.0. У вторичных компонент молодых предкатаклизмических переменных наблюдается избыток светимости, аналогичный ранее найденным у других подобных объектов. В системе RE J2013+4002 не наблюдается хромосферной или вспышечной активности вторичной компоненты. Параметры холодной звезды согласуются с прогнозами теории эволюции звезд ГП аналогичной массы (L. Girardi, 2000). Спектроскопические наблюдения GSC 02197-00886 проводились в фазе максимума вспышки (08.05.10), в фазе поздней релаксации (04.08.10) и в спокойном состоянии системы (21.07.12). Для анализа данных карликовой Новой дополнительно использовались метод Шафтера и доплеровское картирование. На основе теоретического

моделирования спектров GSC 02197-00886 были получены параметры системы в фазе релаксации и в спокойном состоянии. Также показана эволюция аккреционного диска от фазы максимума вспышки до спокойного состояния объекта.

Александр Михайлов (ГАО РАН)

Определение величин спинов сверхмассивных черных дыр в радиогалактиках типа FRI и FRII.

Выполнены оценки величин спинов сверхмассивных черных дыр в радиогалактиках типа FRI и FRII в рамках двух моделей генерации релятивистских джетов, привлекающих механизмы Блендфорда-Знаека и Блендфорда-Пейна: гибридной модели Мейера и модели flux-trapping. Величина магнитного поля на горизонте событий определена в предположении равномерного распределения между плотностями энергии магнитного поля и аккрецирующей материи, а вблизи внутреннего края аккреционного диска – в предположении равномерного распределения между величиной магнитного давления и давления излучения. Кинетическая мощность джетов оценена, исходя из эмпирических соотношений, представленных в литературе. Полученные результаты для величин спинов сравниваются с предсказаниями модели Гарофало об эволюции радиогалактик типа FII, обладающих ретроградными аккреционными системами, в радиогалактики типа FRI с проградными аккреционными системами.

Евгений Александрович Михайлов (МГУ)

Моделирование магнитных полей во внешних кольцах галактик // Е.А. Михайлов

В настоящее время практически не вызывает сомнения то, что в центральной части ряда спиральных галактик присутствуют магнитные поля напряженностью несколько микрогаусс. Их генерация объясняется механизмом динамо, который описывает переход кинетической энергии турбулентных движений ионизованного газа в энергию магнитного поля. Он основан на совокупном действии дифференциального вращения и альфа-эффекта. Для исследования часто применяется так называемое планарное приближение, исходящее из того, что толщина галактического диска намного меньше его радиуса. В таком случае возможно существенно упростить уравнения, описывающие генерацию магнитного поля. Некоторые галактики обладают так называемыми внешними кольцами. В них также присутствуют турбулентные движения ионизованного газа, поэтому логично предположить, что там также будет генерироваться магнитное поле. Хотя планарное приближение и может дать некоторые качественные оценки его величины, размеры колец в направлении, перпендикулярном к экваториальной плоскости уже нельзя считать пренебрежимо малыми. Поэтому встает необходимость разработки другой модели для магнитного поля.

Была предложена система уравнений, в рамках которой детально учитывается зависимость магнитного поля от расстояния до экваториальной плоскости. Показано, что при разных параметрах внешних колец может генерироваться поле как квадрупольной, так и дипольной симметрии. Сделаны оценки скорости роста магнитного поля и его равновесного значения в различных случаях.

Дмитрий Исидорович Нагирнер (СПбГУ)

*Геометрические и кинематические свойства
Стандартной космологической модели // Д.И. Нагирнер*

Приводятся формулы, описывающие Стандартную космологическую модель, то есть космологическую модель Фридмана, наиболее адекватную реальной Вселенной. Учтено влияние излучения и нейтрино. Показано, что с высокой точностью Стандартная модель может быть описана простыми формулами. Определены моменты, когда оказываются равными плотности гравитирующих компонент Вселенной, когда начинается ускоренное расширение пространства и др. Получены зависимости различных расстояний от красного смещения. Приводятся численные значения хаббловского расстояния, расстояния до первого и второго горизонтов, а также ускорения расширения на этих расстояниях. Определена эволюция расстояний до горизонтов, а также их скоростей и ускорений. Обсуждается далекое будущее Вселенной и принципиальная возможность связи с внеземными цивилизациями.

Тинатин Михайловна Нацвлишвили (ГАО РАН)

*Определение скоростей отдачи черных дыр,
эжектированных гравитационным излучением при
слияниях галактик.
// М.Ю. Пиотрович, Ю.Н. Гнедин, Т.М. Нацвлишвили, С.Д. Булига*

Современные численные моделирования в рамках ОТО показывают, что слияние двух вращающихся черных дыр может привести к скоростям отдачи оставшихся черных дыр вплоть до тысяч км/с в результате воздействия гравитационного излучения. Важно отметить, что аккреционный диск остается связанным с эжектированной черной дырой в области, где орбитальная скорость газа больше, чем скорость эжекции. Мы рассматривали ситуацию, когда радиус отдачи совпадает с радиусом области широких эмиссионных линий. Мы показываем, что в этом случае наблюдаемая поляризация излучения аккреционного диска позволяет определить величину скорости отдачи. В результате, представлены оценки скорости отдачи для активных ядер галактик с известной поляризацией.

Булат Аликович Низамов (ГАИШ МГУ)

Поиск периодических вспышек АЯГ по данным Fermi-LAT // М.С. Пширков, Б.А. Низамов.

Из наблюдений активных ядер галактик известно, что в некоторых из них время от времени происходят вспышки - резкие и кратковременные (порядка недель) увеличения яркости в различных диапазонах спектра. Одним из возможных объяснений таких событий является следующее. В центре активного ядра находится двойная сверхмассивная чёрная дыра. Одна из компонент имеет аккреционный диск, а плоскость орбиты второй наклонена к плоскости диска. При прохождении второй компоненты сквозь диск происходит всплеск жёсткого излучения. Очевидно, эти всплески должны обладать периодичностью. Такой сценарий реализуется в источнике OJ 287 и был выявлен по оптическим наблюдениям. Другим возможным объяснением периодичности является прецессия джета активного ядра. В данной работе мы пытаемся обнаружить эффект периодичности вспышек по наблюдениям активных ядер галактик, преимущественно блазаров, в гамма-диапазоне на телескопе Fermi-LAT. Мы представляем методику поиска вспышек в кривых блеска указанных источников, а также метод поиска периодичности этих вспышек. Нам удалось отобрать несколько кандидатов, возможно, демонстрирующих периодичность. Они могут стать предметом более тщательного анализа.

Елена Никитина (Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН)

О магнитных полях радиопульсаров
// Е.Б. Никитина, И.Ф. Малов

Мы использовали механизм магнито-дипольного торможения радиопульсаров для вычислений новых значений магнитной индукции на поверхности нейтронных звезд. Для этого были оценены углы β между осью вращения и магнитным моментом нейтронной звезды для 376 радиопульсаров тремя различными методами. Было показано, что преобладают малые наклоны магнитных осей. Применяя полученные значения угла β , мы вычислили величину экваториальной магнитной индукции для рассматриваемой выборки пульсаров. Эти значения индукции оказались, как правило, в несколько раз выше, чем соответствующие значения в известных каталогах.

Евгения Александровна Николаева (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

Моделирование спектров оптических компонент

двойных массивных рентгеновских систем IGR J17544-2619 и IGR J21343+4738.

// Е.А. Николаева, И.Ф. Бикмаев, В.В. Шиманский, А.И. Галеев, Р.Я. Жучков, Э.Н. Иртуганов, С.С. Мельников, Н.А. Сахибуллин, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Академия наук РТ, Казань

В работе выполнено моделирование спектров оптических компонент двойных массивных рентгеновских систем IGR J17544-2619 и IGR J21343+4738. Теоретические спектры были рассчитаны для широкого диапазона длин волн $\lambda\lambda$ 5400-7080 Å в программном комплексе STAR на основе моделей атмосфер одиночных звезд с заданными параметрами (T_{eff} , $\log g$ и химический состав), полученными путем интерполяции сетки моделей Каstellли и Куруца. Расчеты выполнены с учетом не-ЛТР поправок для избранных линий. Наилучшее согласие между наблюдаемым и теоретическим спектрами для источника IGR J17544-2619 было достигнуто при следующих параметрах атмосферы оптической компоненты: $T_{eff} = 34000 \pm 1000$ K, $\log g = 3.90 \pm 0.15$ dex, $[\text{He}/\text{H}] = 0.45$, $[\text{C}/\text{H}] = 0.7$, $[\text{N}/\text{H}] = 0.5$, $[\text{O}/\text{H}] = 0.8$, $v_{rot} \times \sin i = 165$ км/с, что соответствует спектральному классу звезды O9 IV-V с массой порядка $22 \pm 2 M_{\odot}$. Оптический компонент в системе IGR J21343+4738 является Ве-звездой. Поэтому для моделирования оптической компоненты IGR J21343+4738 были отобраны спектры, полученные в моменты времени, не содержащие эмиссионную компоненту от диска Ве-звезды. Получены следующие предварительные параметры атмосферы оптической компоненты: $T_{eff} = 25000 \pm 1000$ K, $\log g = 3.75 \pm 0.15$ dex, $v_{rot} \times \sin i = 280$ км/с.

Елена Нохрина (МФТИ)

Effects of charge loading on relativistic jets dynamics

// Е.Е. Nokhrina, V.S. Beskin

We consider a problem of relativistic jets loaded by charged pairs (electrons and positrons) due to two-photon conversion. The most important effect of the charged pairs loading is screening of electric and magnetic fields in magnetohydrodynamic outflow. We show that pairs created with center-of-mass velocity less than the drift velocity of a bulk motion disturbs locally (in the domain of pair creation) electric and magnetic fields. This disturbance is calculated self-consistently, and it is shown that even input of about 1% in particles number density may change the bulk flow Lorentz factor up to a factor 2, the effect being more pronounced for the faster jets. At the same time, the flow magnetization grows, with the growing factor depending on the initial bulk Lorentz factor. The pairs created with center-of-mass velocity greater than the jet bulk velocity enhance locally the electric and magnetic fields such as to accelerate the flow, acceleration being more effective than the deceleration. The astrophysical application concerns the recently observed by the MOJAVE program relativistic jet deceleration and acceleration on scales up to 100 pc. The proposed mechanism of pair creation due to two-photon conversion of soft radiation field and hard photons of jet radiation may account for the

observed rates of acceleration. The effect may also be important as a source of radiation sites: if the jet decelerates or accelerates locally, the interaction of the overcoming flow with the decelerated domain may lead to instabilities and radiation.

Игорь Сергеевич Огнев (ЯрГУ)

Влияние магнитного поля на нейтринные процессы в сверхновых и аккреционных дисках // И.С. Огнев

Исследовано влияние магнитного поля на бета процессы, являющиеся основными нейтринными реакциями в условиях сверхновых с коллапсом центральной части и аккреционных дисков вокруг черных дыр. Получены простые аналитические выражения для коэффициентов излучения нейтрино и антинейтрино, которые полностью характеризуют излучательную и поглощательную способности рассматриваемой среды при произвольной напряженности магнитного поля. Показано, что магнитное поле, вплоть до напряженности $\sim 10^{16}$ Гс подавляет скорости данных процессов и лишь при существенно большей напряженности приводит к их линейному росту. Показано, что для оптически прозрачной среды максимальное подавление бета-процессов с участием нейтрино не превышает 2.5 раза, по сравнению с бесполевым случаем, а для реакций с участием антинейтрино такое подавление составляет лишь 1.2. Предварительный анализ показывает, что в случае частично прозрачной для нейтрино среды подавление рассматриваемых процессов существенно не изменяется. Таким образом, влиянием магнитного поля на бета процессы в условиях сверхновых и аккреционных дисков можно пренебречь, если фактор \sim несколько не является важным в решаемой задаче. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №15-02-06033-а.

Ольга Сергеевна Олейник (ГАИШ МГУ)

Миграция планет в аккреционном диске двойной системы. // В.В. Журавлев, С.Б. Попов, О.С. Олейник

Рассматривается двойная система, состоящая из красного гиганта и звезды главной последовательности. Вокруг аккретора существует планетная система, красный гигант теряет массу в режиме звездного ветра, без переполнения полости Роша. Вокруг звезды главной последовательности образуется аккреционный диск. Используются две модели тонкого диска с разными режимами аккреции: в первом случае рассматривается стандартный диск из звездного ветра, во втором случае приток вещества происходит по всей площади диска. Задачей является расчет времени миграции первого типа, вплоть до падения планеты на звезду. Полученное время миграции для различных значений темпа аккреции, большой полуоси, массы планеты и расстояния до звезды сравнивается со временем жизни красного

гиганта, из чего можно сделать вывод о выживаемости планет и частоте слияний.

Дмитрий Дмитриевич Офенгейм (ФТИ им. Иоффе РАН)

*Аналитическое описание тепловой эволюции
нейтронных звёзд* // Д.Д. Офенгейм, Д.Г. Яковлев

Один из способов изучения сверхплотного вещества нейтронных звёзд основан на анализе их тепловой эволюции. Моделирование эволюции можно существенно упростить при помощи аналитических аппроксимаций интегральных нейтринных светимостей L_ν и теплоёмкостей C звезд. Получены аппроксимации L_ν и C аналитическими функциями массы M и радиуса R звезд для широкого класса уравнений состояния нуклонных ядер звезд, что делает эти аппроксимации модельно-независимыми (от уравнений состояния сверхплотного нуклонного вещества). Аппроксимации L_ν получены для трех основных механизмов нейтринного охлаждения звёзд — прямого и модифицированного урка-процесса и тормозного нейтринного излучения при столкновениях нейтронов. Аппроксимации C получены при наличии или отсутствии сильной протонной сверхтекучести в ядре звезды. На основе этих аппроксимаций разработан метод интерпретации теплового излучения нейтронных звезд, достигших внутренней тепловой релаксации и находящихся на нейтринной или фотонной стадии охлаждения. Результаты применимы для изолированных нейтронных звезд или аккрецирующих звезд в составе мягких рентгеновских транзиентов. Для примера проведен анализ наблюдений изолированной нейтронной звезды RX J1856.4–3754.

Игорь Витальевич Панов (ИТЭФ)

Нуклеосинтез при взрыве термоядерной сверхновой.
// И.В. Панов, С.И. Блинников, Ф. Рёпке

Сверхновые дают очень мощные вспышки в видимом свете, которые можно наблюдать при больших красных смещениях, что делает их привлекательными объектами для космологических приложений. Для моделирования кривых блеска важно знать количество образовавшихся железа и никеля. В данной работе изучается химический состав вещества различных сбрасываемых оболочек сверхновой на основе профилей температуры и плотности, полученных в гидродинамических моделях взрыва. Расчеты нуклеосинтеза были сделаны для некоторых характерных траекторий 3х-мерной модели предсверхновой с3-3d-256-10s из семейства моделей мюнхенской группы (Козма, Рейнеке, Рёпке и др.). Для расчетов использовались развитые нами ранее модели альфа- и γ -процессов, расширенные для учета слабых процессов. Нормированные распространенности элементов вплоть до элементов железного пика сравниваются с наблюдениями.

Литература

- C. Travaglio, W. Hillebrandt, M. Reinecke, and F.-K. Thielemann A&A 425, 1029–1040 (2004)
F. K. Röpke. A&A 432, 969–983 (2005)
I. V. Panov, S. I. Blinnikov, F. Roepke. JETP Letters, 2016, Vol. 103, No. 7, pp. 431–434.

Александр Анатольевич Панфёров (Тольяттинский
государственный университет)

α -модель струй // А.А. Панфёров

Струи слабых радио-галактик класса FR I замедляются на масштабах килопарсеки и имеют признаки взаимодействия с окружающей средой.

Простая феноменологическая модель турбулентной вязкости пограничного слоя струи соответствует данным по увлечению вещества окружающей среды струями радиогалактики 3C 31 и, таким образом, объясняет замедление струи. Возможно, модель раскрывает физику взаимодействия струи со средой. В этой модели вязкое трение имеет вид $\sigma = \alpha P$, знакомый по теории аккреционных дисков. Коэффициент α не является свободным параметром, он полностью описывается моделью.

Алексей Евгеньевич Петров (ФТИ им. Иоффе РАН)

*Моделирование процессов взаимодействия
релятивистского пульсарного ветра с межзвездной
средой* // А.Е. Петров, А.М. Быков

Для корректной интерпретации данных наблюдений пульсарных туманностей в различных спектральных диапазонах необходимо изучение взаимодействия релятивистского пульсарного ветра с межзвездной средой. В работе представлены результаты численного Монте-Карло моделирования распространения частиц в пульсарной туманности после прохождения ударной волны остановки релятивистского ветра. Для случая сверхзвукового собственного движения пульсара через межзвездную среду приведены результаты моделирования спектров релятивистских частиц в окрестности пульсарной туманности и головной ударной волны пульсара и результаты вычисления распределений интенсивности синхротронного излучения рассматриваемых частиц. Построены синхротронные изображения туманности в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах и обсуждается возможная интерпретация наблюдений источника, связанного с пульсаром J0437-4715, в рамках предложенной модели.

Михаил Юрьевич Пиотрович (ГАО РАН)

Определение основных физических параметров сверхмассивных черных дыр на основе данных космической обсерватории ИНТЕГРАЛ

// Ю.Н. Гнедин, М.Ю. Пиотрович

Показано, что измерение жесткого рентгеновского излучения с энергией $E > 10$ КэВ открывает новую возможность для определения масс и спинов сверхмассивных черных дыр в центрах галактик, а также радиуса области широких Папен линий в аккреционном диске вокруг сверхмассивной черной дыры. Результаты выполненных нами оценок величин спинов ряда сверхмассивных черных дыр сравнимы с результатами популярного метода определения спинов по измеренному профилю рентгеновской линии Fe K-alpha. Радиусы области широких Папен линий определены впервые. Основой данных измерений являются данные о рентгеновской светимости в жестком рентгеновском диапазоне, полученные космической рентгеновской обсерваторией ИНТЕГРАЛ.

Михаил Юрьевич Пиотрович (ГАО РАН)

Определение скоростей отдачи черных дыр, эжектированных гравитационным излучением при слияниях галактик

// М.Ю. Пиотрович, Ю.Н. Гнедин, Т.М. Нацвлишвили, С.Д. Булига

Современные численные моделирования в рамках ОТО показывают, что слияние двух вращающихся черных дыр может привести к скоростям отдачи оставшихся черных дыр вплоть до тысяч км/с в результате воздействия гравитационного излучения. Важно отметить, что аккреционный диск остается связанным с эжектированной черной дырой в области, где орбитальная скорость газа больше чем скорость эжекции. Мы рассматривали ситуацию, когда радиус отдачи совпадает с радиусом области широких эмиссионных линий. Мы показываем, что в этом случае наблюдаемая поляризация излучения аккреционного диска позволяет определить величину скорости отдачи. В результате представлены оценки скорости отдачи для активных ядер галактик с известной поляризацией.

Алексей Позаненко (ИКИ РАН)

О возможности наблюдения областей локализации гравитационно-волновых событий LIGO/Virgo в данных круглосуточного обзора БСА ФИАН на 110 Мгц // А.С. Позаненко(1), А.Е. Родин(2), В.А. Самодуров(2,3), М.О. Торопов(4), Д.Д. Чураков(5), П.Ю. Минаев(1) (1) ИКИ РАН, Москва, (2) ПРАО АКЦ ФИАН, Пушчи-

но, (3) НИУ ВШЭ, (4) ООО «Автоматизация Бизнеса», Москва, (5) ЦНИИ-МАШ, Королев

С 2012 года на радиотелескопе БСА ФИАН работает многолучевая диаграмма, способная ежесуточно наблюдать в 96 лучах в диапазоне склонений от -8 до $+42$ градуса в частотном диапазоне 109-111.5 МГц. Число частотных полос – от 6 до 32, постоянная времени от 0.1 до 0.0125 сек. Мы приводим оценки возможного потока (верхние пределы) для нескольких временных масштабов возможных транзиентных радиоисточников, сопровождающих транзиентные гравитационно-волновые события GW150914, GW151226 и LVT151012, зарегистрированные детекторами LIGO. Обсуждается возможность наблюдения событий в апертуре БСА во время текущего цикла (O2) наблюдений LIGO.

Ростислав Феофанович Полищук (АКЦ ФИАН)

Фундаментальные константы и масса Метагалактики
// Р.Ф. Полищук

Геометрия Метагалактики до Большого Взрыва и после будущего рассеяния её вещества аппроксимируется 3-сферой де Ситтера с предельной плотностью в начале и с наблюдаемой критической плотностью в конце. Полная масса Метагалактики без учёта компенсирующей её отрицательной потенциальной энергии составляет величину порядка 10 в степени 61 современных планковских масс. Это связано с распадом единого физического взаимодействия и с ослаблением гравитационного взаимодействия примерно на 40 порядков по сравнению с взаимодействием электромагнитным. Если обезразмеренная полная масса не изменилась после Большого Взрыва и вначале была равна планковской массе с начальной большой постоянной тяготения, то после ослабления гравитации на 40 порядков на столько же выросла размерная масса Метагалактики до указанной выше величины. С учётом отрицательной потенциальной энергии полная масса была и осталась равной нулю. Предполагается, что постоянная Планка и скорость света не изменились. Таким образом, микрофизика оказалась связанной с космологией.

Александр Викторович Попков (ГАИШ МГУ)

Расчёт частоты транзиентных явлений от слияний экзопланет со звёздами // А.В. Попков, С.Б. Попов

Недавние исследования (например, Metzger et al., 2012) показывают, что падение планеты на звезду, вызванное приливной эволюцией её орбиты, может приводить к транзиентам, наблюдаемым в оптическом, ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах и по энерговыделению сопоставимым со вспышками новых. В настоящей работе методом популяционного синтеза был оценен темп таких слияний в галактике, подобной Млечному Пути. Нами использовано распределение планет

по массам и начальным орбитальным параметрам, соответствующее популяционным расчетам Alibert et al., 2013. Получено распределение событий по типу, зависящему от параметров звезд и планет, и по светимости. На основании расчетов обсуждается стратегия поиска этих явлений на новых обзорных телескопах.

Александр Николаевич Попов (СПБПУ)

Влияние тормозного излучения скоплений галактик на спектры далеких источников в гамма-диапазоне

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

В работе рассматривается поглощение высокоэнергичных фотонов при взаимодействии с фотонами теплового тормозного излучения в скоплениях галактик с образованием электрон-позитронных пар и его возможное влияние на искажение спектра далеких источников в гамма-диапазоне. Показано, что величина этого эффекта заметно меньше эффектов поглощения гамма-фотонов при взаимодействии с фотонами реликтового излучения и фотонами внегалактического фона инфракрасного и радио-диапазонов. Тем не менее было найдено, что данный эффект может проявляться для гамма-фотонов с энергиями 1-100 ГэВ. Работа выполнена при частичной поддержке Гранта Президента РФ по поддержке ВНШР (НСШ 9297.2016.2).

Марат Шамилевич Поташов (ИТЭФ)

Нестационарная ионизация в оболочках сверхновых типа II на фотосферной фазе

// М.Ш. Поташов, С.И. Блинников, В.П. Утробин, Н.Н. Шахворостова

Важность учета эффекта нестационарности в кинетике в течение фотосферной фазы при взрыве сверхновой подтверждена несколькими независимыми исследовательскими группами. Эффект позволяет получать более высокую степень ионизации водорода в сравнении со стационарными решениями, а также усиливает линию $H\alpha$ в результирующем моделируемом спектре, причем выраженность эффекта растет со временем. Однако некоторые исследователи утверждают, что эффект ионизационной нестационарности не важен. Его учет приводит в их моделировании к незначительному усилению $H\alpha$ только в первые дни после взрыва. В настоящей работе продемонстрирована важность эффекта нестационарности на примере моделей сверхновой SN 1999em при помощи нового оригинального программного пакета LEVELS. Проверена роль ряда факторов, которые могут ослабить эффект нестационарности. Подтверждено, что на выраженность эффекта влияет обилие примесей металлов в оболочке, а добавление дополнительных уровней в модель атома водорода меньше ослабляет эффект нестационарности и никогда его полностью не устраняет.

Дмитрий Раздобурдин (ГАИШ МГУ)

*Аналитическое построение бароклинных потоков
нелинейным суммированием // Д.Н. Раздобурдин*

Вопрос устойчивости дисков с вертикальным градиентом угловой скорости является одним из актуальных вопросов современной астрофизики. Такие потоки называются бароклинными. На сегодняшний день известно, что вертикальный градиент угловой скорости в сочетании с теплопроводностью может приводить к линейной неустойчивости (т. наз. вертикально-сдвиговая неустойчивость) с последующим переходом ламинарного потока в турбулентное состояние. При этом определяющую роль в турбулизации играют параметры фонового потока, в первую очередь вертикальный сдвиг скорости вращения. Все предшествующие исследования проводились для крайне простых моделей ламинарного потока. В настоящем докладе рассматривается способ построения более реалистичного ламинарного бароклинного диска и исследуются его основные свойства. Данный метод построения может быть применён для более полного исследования зависимости вертикально сдвиговой неустойчивости и связанной с ней турбулентности от свойств фонового потока.

Елена Дмитриевна Старовойт (ПуцГЕНИ)

*Эволюция планетной орбиты после взрыва сверхновой
// Е.Д. Старовойт*

В работе представлены результаты численного моделирования эволюции планетных орбит после симметричного взрыва сверхновой, где в роли остатка была выбрана нейтронная звезда (1.44 массы Солнца). Программа выполнена на языке Wolfram. В качестве переменных параметров рассматривались масса и скорость разлёта сброшенной звёздной оболочки, масса и плотность планеты, а также начальный радиус орбиты планеты. В процессе моделирования решалась задача двух тел, в которой центральное тело теряет свою массу. В проведённом численном моделировании в качестве звёздного остатка была выбрана именно нейтронная звезда, чтобы ответить на вопрос о происхождении планет, обращающихся вокруг пульсаров (в частности, планеты пульсара PSR B0329+54, подтверждение существования которой тоже является частью проведённых исследований); о возможности «выживания» таких планет в процессе взрыва сверхновой, когда на планету устремляется сброшенная звёздная оболочка с массой в несколько масс Солнца и скоростью, измеряемой тысячами км/с. В результате проведённого численного эксперимента были получены графики эволюции планетных орбит и комбинации переменных параметров, использованных в нашей модели, при которых планеты «выживают» и остаются на орбите бурно проэволюционировавшей звезды.

Алексей Борисович Струминский (ИКИ РАН)

Звездные космические лучи в зоне обитания

Звезды спектральных классов О-М являются потенциальными источниками космических лучей. Сделаны энергетические оценки напряженности магнитного поля в трубке в фотосфере для О-М звезд. На их основе оценены возможные энергии вспышек и количество ускоренных протонов. Полученные значения для Солнца по порядку величины соответствуют наблюдениям, что обосновывает оценки для других звезд. Величины магнитного поля в трубке различаются менее чем в пять раз (700 и 3500 Гс) для О и М звезд, но соответствующие энергии вспышек и числа ускоренных протонов на пять порядков больше для О звезд. Напротив, флюенсы звездных протонов в зоне обитания О звезд оказываются примерно на четыре порядка меньше.

Рената Тагирова (ИКИ РАН)

Нелинейные возмущения в термически неустойчивой коме кометы // К.В. Краснобаев, Р.Р. Тагирова

Исследуется эффект значительного уменьшения концентрации ионов водяной группы в истекающем из ядра кометы газе. Предполагается, что данный эффект является следствием развития тепловой неустойчивости, нарушающей энергетический и ионизационный баланс в среде. При этом нагрев электронов происходит путем термализации энергичных нетепловых фотоэлектронов, а охлаждение обусловлено потерями на возбуждение колебательных и вращательных уровней и электронных состояний нейтральных молекул воды. В рамках принятой модели физических процессов рассматривается эволюция начальных возмущений электронной концентрации и температуры. В отличие от ранее выполненных работ учитывается гидродинамическое движение среды и не накладываются ограничений на величину возмущений. Определен темп нарастания возмущений в нелинейном режиме, выявлена возможность существования в кометном газе «горячей» и «холодной» фракций. Показано, что результаты расчетов количественно согласуются с измерениями концентрации положительных ионов вдоль траектории аппарата Giotto. Установлена зависимость эффекта уменьшения концентрации электронов от параметров газа и потоков энергичных частиц. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-01-00747).

Ксения Николаевна Теликова (СПбПУ)

Оценка зависимости $T - \rho$ в межгалактическом веществе ранней Вселенной // К.Н. Теликова, С.А. Балашев

Уравнение состояния межгалактического газа определяется процессами фотоионизации и адиабатического охлаждения вследствие расширения Вселенной. Эти процессы эволюционируют с красным смещением, определяя температуру и плотность межгалактической среды. В данной работе представлена оценка параметра $\gamma - 1$, определяющего вид зависимости температура-плотность для межгалактического вещества на среднем красном смещении $z \sim 2 - 3$. Представлена автоматическая процедура анализа абсорбционных линий Лайман-альфа леса, которая позволяет определять доплеровскую ширину линий, b , и лучевые концентрации нейтрального водорода, N . Оценки параметра $\gamma - 1$ выполнены на основе предположения, что нижняя граница распределения $N - b$, соответствует преимущественно тепловому уширению спектральных линий.

Дарья Андреевна Теплых (Пушчинская
радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН)

*Поиск и исследование новых пульсаров на радиотелескопе
БСА ФИАН* // В.М. Малофеев, С.А. Тюльбашев, В.С. Тюльба-
шев, О.И. Малов, А.Е. Родин, Д.А Теплых

На радиотелескопе БСА ФИАН проводится ежедневный обзор неба, покрывающий полные сутки по прямому восхождению и 50° по склонению в рамках программы «Космическая погода» для исследования мерцающих радиоисточников. Однако частота оцифровки и запись данных на многих частотах позволяют решать другие астрономические задачи, например, задачу поиска пульсаров. Для поиска пульсаров использовалось прямое сложение импульсов с перебором периодов от 0.5 с до 15 с и перебором мер дисперсий в пределах 0 - 200, пк/см³. На данный момент открыто 7 новых пульсаров (J0146+3104, J0928+3037, J1242+3938, J1721+3524, J0220+3622, J0303+2248, J0421+3240). В работе представлены результаты исследования новых пульсаров, приведены средние профили, уточнены координаты, периоды, производные периодов, даны оценки плотностей потоков и мер дисперсий.

Мария Андреевна Тимиркеева (Пушчинская
радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН)

*Особенности излучения радиогромких и радиотихих
гамма-пульсаров и гамма-тихих радиопульсаров*
// И.Ф. Малов, М.А. Тимиркеева

В настоящее время известно более 2500 радиопульсаров. В основном эти объекты излучают в радиодиапазоне, но гамма-излучение обнаруживается примерно у

200 пульсаров. Интересно выяснить некоторые возможные различия в параметрах объектов в этих двух группах: сравним некоторые характеристики, описывающие гамма-громкие ($\gamma + R$) и гамма-тихие (R) радиопульсары, а затем найдем различия в параметрах радио-громких ($\gamma + R$) и радио-тихих гамма-пульсаров (γ). Для анализа мы будем использовать периоды пульсаров, их производные, потери энергии вращения, светимость, магнитное поле на поверхности нейтронной звезды и вблизи светового цилиндра. Рассматриваются только изолированные нейтронные звезды; из выборки исключены пульсары находящиеся в шаровых скоплениях и двойных системах, так как их наблюдаемые характеристики могут быть искажены влиянием других соседних звезд. Было проведено сравнение трех групп пульсаров: радиопульсаров (R), гамма-пульсаров (γ) и пульсаров с излучением в обоих диапазонах ($\gamma + R$). Было показано, что магнитные поля на световом цилиндре на два порядка выше у гамма-пульсаров ($\langle \log B_{lc} \rangle = 3.60 - 3.95 G$) по сравнению с радиопульсарами ($\langle \log B_{lc} \rangle = 1.75 G$). Потери энергии вращения в этих объектах отличаются гораздо больше ($\log dE/dt = 35.37 - 35.53$ и 32.60 соответственно). Гамма-пульсары образуют две группы, разделенные в пространстве. Сделан вывод о том, что генерация гамма-излучения происходит на световом цилиндре и может быть вызвана синхротронным механизмом.

Сергей Анатольевич Трушкин (САО РАН)

Гигантская радиовспышка Cygnus X-3 в сентябре 2016 г.: предсказания сбываются.

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

Koljonen и др. (2010) обнаружили, что на выходе из гипермягкого состояния в Cyg X-3 происходят яркие вспышки. Четыре года Cyg X-3 находился в высоком состоянии и поток на 15-50 кэВ (Swift) варьировался около уровня 0.2 краба. Редкие падения S_{swift} до нуля сопровождались подъемом радиопотока (РАТАН) от ~ 50 до ~ 500 мЯн в диапазоне 4-12 ГГц, и в целом радиоизлучение антикоррелировало с S_{swift} . В августе 2016 г. S_{swift} упал до нуля, при этом потоки в мягком диапазоне (MAXI/ASM) оставались высокими, то есть Cyg X-3 перешел в гипермягкое состояние. Радиопотоки упали ниже 40 мЯн, и мы предсказали скорую гигантскую вспышку (9416#ATel). Спустя семь дней произошла вспышка на уровне 0.7 Ян на 11 ГГц и было детектировано гамма-излучение на Agile. Скоро радиопоток снова опустился ниже 40 мЯн синхронно с падением S_{swift} . 13 сентября началась вспышка: за три дня радиопоток вырос в ~ 1000 раз, одновременно с этим поток S_{swift} вырос в ~ 20 раз, вернувшись к уровню 0.2 краба. За 20 дней спектр вспышки эволюционировал от оптически толстого на низких частотах к оптически тонкому в диапазоне от 1.2 до 22 ГГц. Удалось провести измерения вспышки на 15 ГГц на интерферометре АМІ (G.Pooley), на 37 ГГц на телескопе в Метсахови (К. Koljonen) и на 217 ГГц на телескопе SMA (M.Gurwell). Поток на 217 ГГц вырос в 10 раз за ~ 2 часа. Вероятно, потоки в мм-диапазоне являются продолжением спектра струи в см-диапазоне. Было проведено картирование на телескопе eMerlin (A.Scaife) и на РСДБ системе e-EVN. Выполнены ТоО програм-

мы на Swift и на VERITAS в ТэВ-диапазоне. Готовится совместная публикация.

Виктория Александровна Фёдорова (Пущинская
радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН,
ПущГЕНИ)

*«FRBs: поиск вариаций низкочастотного радиоизлучения
из соответствующих участков неба» // В.А. Фёдорова*

Анализ возможных вариаций потока космического радиоизлучения, поступающего от объектов, в которых в дециметровом диапазоне были обнаружены быстрые радиовсплески (FRBs), выполнен с использованием данных мониторинга большого участка неба на радиотелескопе БСА ФИАН ($\lambda = 2,7$ м). В область этого мониторинга, покрывающего интервал склонений от -8 до $+42$, попадают 6 известных быстрых радиовсплесков. Надежно установленных изменений потока излучения из исследованных областей пока обнаружить не удалось. Верхняя оценка на возможные вариации потока, в большинстве случаев, составляет ~ 0.5 Ян, что в пересчете на радиосветимость возможного остатка FRB соответствует величинам от 2×10^8 Вт/Гц до 3×10^9 Вт/Гц. Полученные оценки могут быть использованы при анализе возможных моделей FRBs.

Людмила Евгеньевна Фесик (СПбГУ)

*Определение поляризационных состояний
гравитационных волн, обнаруживаемых антеннами
LIGO - Virgo // Л.Е. Фесик*

Детектирование гравитационных сигналов GW150914, GW151226 и LVT151012 антеннами aLIGO (Advanced LIGO) открыло новые возможности для изучения фундаментальной физики гравитационного взаимодействия. Круги возможных положений источников гравитационных волн на небесной сфере для этих трёх событий лежат параллельно сверхгалактической плоскости крупномасштабной структуры, известной как Местное Сверхскопление галактик с радиусом примерно 80 Мпк и толщиной 30 Мпк. Для определения возможных состояний поляризации гравитационных волн используется положение источников ГВ на небе, определённых с помощью измерений задержек между временем прихода на разные антенны совместно с отношением амплитуд детектированных сигналов на каждой антенне.

Ирек Мунавирович Хамитов (Национальная обсерватория ТЮБИТАК, Турция)

Исследования избранных астероидов, сближающихся с Землей, километрового размера на телескопе РТТ150

// И. Хамитов(1,2), Р. Гумеров(2,3), И. Бикмаев(2,3), Э. Иртуганов(2,3), О. Окуян(1), С. Кайнар(1), Г. Кахъя(1), С. Мельников(2,3), К. Улуч(1), С. Хельхель(4) 1.Национальная обсерватория ТЮБИТАК, Анталья, Турция 2.Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия 3.Академия наук РТ, Казань, Россия 4.Университет Акдениз, Анталья, Турция.

В работе представлены основные положения и статус исследований избранных астероидов, сближающихся с Землей, начатых в 2016 году с помощью инструментальной базы оптического российско-турецкого 1.5м телескопа РТТ150. Представлены результаты фотополариметрических наблюдений некоторых АСЗ (2100, 4953, 5836, 16834, 68950, 87684, 89830, 162209, 164121, 452389) в период их тесного сближения с Землей.

Арутюн Хачатурян (Ереванский физический институт)

Точечные источники на карте реликтового излучения

// А.Г. Хачатрян, А.Л. Кашин, Э. Погосян, Г.М. Егорян

Мы использовали карты реликтового излучения, полученные спутником Планк, для обнаружения так называемых точечных источников, галактик, излучающих в микроволновом диапазоне радиоволн. Для этого мы получили очищенные карты стохастичности, воспользовавшись модифицированным методом Тэгмарка для очистки карт от шумов. Наш список точечных источников во многом совпадает с тем, который опубликовала группа Планка. Также мы нашли 9 возможных точечных источников, для которых пока не найдены соответствующие галактики в видимом диапазоне.

Евгений Александрович Чайкин (СПБПУ)

Нейтронные звезды с переменными источниками нагрева в коре

// Е.А. Чайкин, А.А. Кауров, А.Д. Каминкер, Д.Г. Яковлев

Выполнено моделирование тепловой эволюции нагретой нейтронной звезды с переменным во времени слоевым источником тепла в коре. Предположено, что источник является стационарным, но ослабляется или усиливается в определенные периоды времени. Исследованы вариации теплового излучения звезды, связанные с переменностью источника. Показано, что на поверхность звезды выходит

лишь небольшая часть энергии источника, а остальная часть уносится из звезды нейтринным излучением. Вариации теплового излучения поверхности звезды запаздывают, размываются во времени и ослабляются по сравнению с вариациями источника, причем указанные эффекты зависят от мощности, размеров и глубины расположения источника. Результаты необходимы для интерпретации наблюдений магнитаров и аккрецирующих нейтронных звезд в составе рентгеновских транзиентов. В том числе они могут объяснить немонотонное поведение во времени наблюдаемой светимости ряда компактных объектов, связанных с нейтронными звездами, в период длительного повышения их активности.

Иван Васильевич Человеков (ИКИ РАН)

*Каталог рентгеновских всплесков I рода,
зарегистрированных обсерваторией ИНТЕГРАЛ в
2003-2014 гг*

// И.В. Человеков, С.А. Гребенев, И.А. Мереминский, А.В. Просветов

В работе представлены результаты поиска и отождествления рентгеновских всплесков I рода по данным наблюдений телескопов JEM-X и IBIS/ISGRI обсерватории ИНТЕГРАЛ в 2003-2014 гг. На основе анализа детекторных кривых блеска, а также кривых блеска 103 известных рентгеновских барстеров было обнаружено 2150 событий, более 2000 из которых можно однозначно отнести к рентгеновским всплескам I рода. Построена зависимость темпа генерации всплесков от темпа аккреции в двойной системе по данным всех наблюдений и подтвержден дефицит всплесков от барстеров, находящихся в низком состоянии. Приведены верхние пределы расстояний до каждого из барстеров, а также оценки состава аккрецирующего вещества.

Ольга Николаевна Шолухова (САО РАН)

Классификация кандидатов в LBV-звезды в M31

// О. Шолухова, А. Саркисян, С. Фабрика, А. Валеев, Д. Бизяев

На 6-м телескопе проведена спектроскопия и фотометрия всех LBV-звезд и кандидатов в LBV в галактике M31. На телескопе Апач-Поинт (США) получена ИК-фотометрия кандидатов. Построены спектральные распределения энергии для всех объектов. Оценены фундаментальные параметры звезд: температуры, радиусы, светимости и межзвездное поглощение. Проведена классификация объектов на LBV, B[e] и сверхгиганты.

Пётр Сергеевич Штернин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Собственное движение радиопульсара B1727–47 и его ассоциация с остатком сверхновой RCW 114 // П.С. Штернин (1), М. Yu (2), А.Ю. Кириченко (1), Ю.А. Шибанов (1,3), А.А. Даниленко (1), М. Voronkov (4), Д.А. Зюзин (1). (1) ФТИ им. Иоффе; (2) NAO of China; (3) СПбПУ; (4) CSIRO, ATNF

PSR B1727–47 является одним из ярких радиопульсаров и был открыт в 1968 году. Его характеристический возраст 80 тыс. лет, расстояние, определённое по мере дисперсии, 2.7 кпк, а величина дипольной компоненты магнитного поля – 1.2×10^{13} Гс. Несмотря на длительную историю наблюдений этого пульсара, его собственное движение до сих пор не было измерено. Трудности были связаны с достаточно высоким уровнем низкочастотного шума во временах прихода импульсов и регулярными сбоями периода (глитчами). Мы провели хронометрический анализ данных более чем 20 лет архивных наблюдений телескопа Parkes, а также анализ архивных данных радиоинтерферометрических наблюдений телескопа ATCA, проведённых в 2004 и 2011 гг. Также по нашей инициативе пульсар наблюдался с помощью ATCA в сентябре 2016 г. В результате для PSR B1727–47 впервые удалось измерить значительное собственное движение 140 (± 20) миллисек. дуги в год, что для расстояния в 2.7 кпк отвечает рекордной поперечной скорости в 1600 км/с. Пульсар проецируется на границу остатка сверхновой RCW 114, и экстраполяция его траектории на момент рождения указывает на центр остатка. Это свидетельствует в пользу ассоциации обоих объектов, и мы обсуждаем её следствия. Анализ наблюдений RCW 114 в различных диапазонах показывает, что система пульсар+остаток должна находиться значительно ближе 2.7 кпк, а именно на расстоянии в 0.7–1 кпк. Полученное расстояние требует пересмотра существующих моделей распределения электронной плотности в Галактике в направлении на B1727–47. Работа поддержана грантом РФФИ №14-13-00316.

Пётр Сергеевич Штернин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Кинетические коэффициенты в ядрах нейтронных звёзд. Зависимость от модели межнуклонного потенциала.
// П.С. Штернин (1), М. Baldo (2), Н.Ж. Schulze (2), (1) ФТИ им. Иоффе, (2) INFN Sez. di Catania

Рассматриваются кинетические коэффициенты в ядрах нейтронных звёзд, состоящих из нейтронов, протонов, электронов и мюонов. Эти коэффициенты (теплопроводность и вязкость) определяются столкновениями частиц. В [1] столкновения нуклонов между собой рассматривались в рамках подхода Бракнера-Хартри-Фока. При этом межнуклонное взаимодействие описывалось с помощью потенциала Argonne v18 с учётом эффективных трёхнуклонных сил в модели Urbana IX. В представленном докладе обсуждается зависимость результатов от выбора потенциала взаимодействия и вида трёхнуклонных сил. Рассмотренные модели аналогичны выбранным в [2] при расчёте эффективных масс нуклонов и их влияния на нейтринное излучение ядер нейтронных звёзд.

Показано, что в зависимости от способа учёта трёхнуклонных взаимодействий, значения нуклонных кинетических коэффициентов могут отличаться на порядок, однако этого оказывается недостаточно, чтобы превзойти лептонный вклад в транспортные свойства. Работа поддержана РФФИ, грант № 16-32-00507-мол-а

Литература

- 1 P. S. Shternin, M. Baldo, P. Haensel, PRC 88, 065803 (2013).
- 2 M. Baldo, G. F. Burgio, H.-J. Schulze, G. Taranto, PRC 89, 048801 (2014).

Андрей Евгеньевич Штыковский (ИКИ РАН)

Наблюдения рентгеновского пульсара LMC X-4 обсерваторией NuSTAR: ограничение на величину магнитного поля и томография системы в линии железа // А.Е. Штыковский, А.А. Лутовинов, В.А. Арефьев, С.В. Мольков, С.С. Цыганков

Представлены результаты исследования спектральных и временных свойств излучения рентгеновского пульсара LMC X-4 по данным обсерватории NuSTAR в широком рентгеновском диапазоне энергий 3-79 кэВ. Наряду с детальным анализом усредненного спектра излучения источника, впервые получены высокоточные спектры, соответствующие разным фазам цикла собственного вращения нейтронной звезды. Показано, что модель комптонизированного излучения наиболее адекватно описывает спектр источника, и прослежена эволюция его параметров в зависимости от фазы импульса. Для всех спектров (усредненного и фазовых) в диапазоне энергий 5-55 кэВ был проведен поиск циклотронной линии поглощения. Полученный предел на оптическую глубину циклотронной линии $\tau \sim 0.15$ (3σ) указывает на отсутствие такой особенности в указанном диапазоне энергий, что позволяет получить ограничение на величину магнитного поля нейтронной звезды: $B < 3 \times 10^{11}$ Гс или $B > 6.5 \times 10^{12}$ Гс. Последнее ограничение согласуется с оценкой величины магнитного поля, полученной из анализа спектра мощности пульсара $B \simeq 3 \times 10^{13}$ Гс. По результатам анализа фазовых спектров источника определена задержка между максимумами излучения и эквивалентной шириной флуоресцентной линии железа, зависящая от орбитальной фазы и, по-видимому, связанная с временем пролета фотонов между излучающими областями вблизи нейтронной звезды и областью, где происходит отражение потока (предположительно, в струе втекающего вещества или в месте взаимодействия струи с внешними краями аккреционного диска).

Список участников конференции

Агаронян Ф. А., *Институт Высших Исследований, Дублин* , 1
Акинъщиков А. Н., *ГАИШ МГУ*
Александрович Н. Л., *ИКИ РАН*
Антонов А. А., *НИЯУ МИФИ*
Арефьев В. , *ИКИ РАН*
Арич Д. Д., *НИЯУ МИФИ*
Байкова А. Т., *ГАО РАН*
Бакланов П. В., *ИТЭФ*
Балега Ю. Ю., *САО РАН*
Баренбаум А. А., *ИПНГ РАН*
Барсуков Д. П., *ФТИ им. Иоффе РАН, СПбПУ* ,25
Белоновский А. В., *СПб АУ НОЦНТ РАН* , 25
Бикмаев И. Ф., *Казанский (Приволжский) федеральный университет* , 1
Бирюков А. В., *ГАИШ МГУ* , 26, 26
Бисикало Д. В., *ИНАСАН* , 1
Блинников С. И., *ИТЭФ*
Боговалов С. В., *НИЯУ МИФИ*
Бузынин Н. А., *СПбГУ*
Булига С. Д., *ГАО РАН* ,27
Бунтов М. В., *ИКИ РАН*
Буренин Р. А., *ИКИ РАН* , 2
Быков А. М., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 2
Быков С. Д., *МГТУ им. Баумана*
Васильев Е. О., *ЮФУ* , 3, 27
Веледина А. , *Nordita* , 3
Винокуров А. С., *САО РАН* , 28
Вольнова А. А., *ИКИ РАН* , 3
Воронцов М. В., *СПбПУ*
Галиуллин И. И., *Казанский (Приволжский) федеральный университет*
Гарасёв М. , *ИПФ РАН* , 4
Герасимов С. , *МГУ ВМК* , 28
Гетман Ф. И., *Istituto Nazionale di Astrofisica*
Гильфанов М. Р., *Институт Космических Исследований РАН*
Гладилин П. Е., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 28
Глушков М. В., *Казанский (Приволжский) федеральный университет*
Гнедин Ю. Н., *ГАО РАН* , 4
Гогличидзе О. , *ФТИ им. Иоффе РАН*
Гор О. , *Международная школа передовых исследований, Триест* , 29
Гребенев С. А., *ИКИ РАН* , 5

- Грузинов А. В., *Нью-Йоркский университет* , 5
Гурова Е. Б., *ИКИ РАН*
Гусаков М. Е., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 6
Даниленко А. А., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 30
Деришев Е. В., *ИПФ РАН* , 6
Добрынина А. А., *ЯрГУ, Max Planck Institute for Physics* , 30
Додонов С. Н., *САО РАН* , 6
Доммес В. А., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 31
Дорошенко В. , *Институт Астрономии и Астрофизики, университет Тюбингена* , 31
Еселевич М. В., *ИСЗФ СО РАН* , 32
Закутняя О. В., *ИКИ РАН*
Зиракашвили В. Н., *ИЗМИРАН* , 32, 33
Зюзин Д. А., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 33
Иванов М. М., *МГУ, ИЯИ РАН* , 34
Калашев О. Е., *ИЯИ РАН* , 34
Калашников И. Ю., *НИЯУ МИФИ* , 35
Кальницкий А. В., *Представительство АО «Хамаматацу Фотоникс Нурден Акциебулаг» (Швеция) в г. Москве*
Карасев Д. , *ИКИ РАН* , 35
Карпиков И. С., *ИЯИ РАН* , 36
Кийков С. О., *Южно-Уральский государственный университет* , 36
Кириленко П. С., *НГУ* , 37
Ковалев Ю. Ю., *ФИАН* , 7
Кожберов А. А., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 37
Колбин А. И., *Казанский (Приволжский) федеральный университет* , 38
Комаров С. В., *ИКИ РАН, МРА* , 7
Кондратьев В. Н., *Киевский Национальный университет им. Тараса Шевченко* , 38
Конторович В. М., *Радиоастрономический институт НАН Украины* , 38
Копосов С. , *Кембриджский университет* , 8
Корюкин В. М., *Марийский государственный университет*
Котов С. С., *САО РАН* , 39
Краав К. Ю., *СПбПУ* , 39
Крауз В. И., *НИЦ Курчатовский институт* , 40
Кривонос Р. А., *ИКИ РАН* , 8
Кривченко А. В., *ИКИ РАН*
Кузнецов М. , *ИЯИ РАН* , 41
Кузнецова М. В., *ИКИ РАН*
Куричин О. А., *СПбПУ* , 41
Лемешевский С. А., *НПО им. Лавочкина*
Лившиц М. А., *ИЗМИРАН* , 41
Липилин В. А., *ИКИ РАН*
Липунова Г. В., *ГАИШ МГУ* , 8
Лунов М. М., *НИЯУ МИФИ*
Лутовинов А. А., *ИКИ РАН*
Лыскова Н. С., *МРА, ИКИ РАН* , 9

- Мазаева Е. Д., *ИКИ РАН* , 42
Маланчев К. Л., *ГАИШ МГУ* , 42
Малов И. Ф., *Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН* , 43
Мальшев Д. В., *Erlangen Centre for Astroparticle Physics, Erlangen-Nuremberg University* , 10
Медведев М. , *Канзаский университет* , 10
Медведев П. С., *ИКИ РАН* , 10
Мереминский И. , *ИКИ РАН*
Мещеряков А. В., *ИКИ РАН* , 43
Минаев П. , *ИКИ РАН* , 11, 44
Митрофанов В. П., *МГУ* , 12
Митрофанова А. А., *Казанский (Приволжский) федеральный университет* , 44
Михайлов А. , *ГАО РАН* , 45
Михайлов Е. А., *МГУ* , 45
Мольков С. В., *ИКИ РАН*
Москвитин А. С., *САО РАН*
Муштуков А. А., *Anton Pannekoek Institute for Astronomy, University of Amsterdam, ГАО РАН* , 12
Нагирнер Д. И., *СПбГУ* , 46
Назарова Н. О., *НИЯУ МИФИ*
Нацвлишвили Т. М., *ГАО РАН* , 46
Низамов Б. А., *ГАИШ МГУ* , 47
Никитина Е. , *Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН* , 47
Николаева Е. А., *Казанский (Приволжский) федеральный университет* , 47
Нохрина Е. , *МФТИ* , 48
Огнев И. С., *ЯрГУ* , 49
Олейник О. С., *ГАИШ МГУ* , 49
Осетрова Н. В., *НИЯУ МИФИ*
Оскинова Л. М., *Потсдамский университет* , 12
Офенгейм Д. Д., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 50
Павлинский М. Н., *ИКИ РАН*
Панасюк М. И., *НИИЯФ МГУ* , 13
Панов И. В., *ИТЭФ* , 50
Панфёров А. А., *Тольяттинский государственный университет* , 51
Петров А. Е., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 51
Пиотрович М. Ю., *ГАО РАН* , 52, 52
Позаненко А. , *ИКИ РАН* , 13, 52
Полищук Р. Ф., *АКЦ ФИАН* , 53
Попков А. В., *ГАИШ МГУ* , 53
Попкова А. В., *ГАИШ МГУ*
Попов А. Н., *СПбПУ* , 54
Попов С. Б., *ГАИШ МГУ* , 14
Постнов К. А., *ГАИШ МГУ*
Поташов М. Ш., *ИТЭФ* , 54
Поутанен Ю. И., *Университет Турку* , 14
Пределъ П. , *МРЕ* , 15

Просветов А. В., *ИКИ РАН*
Прошина И. , *ГАИШ МГУ*
Птускин В. С., *ИЗМИРАН*
Пширков М. С., *ГАИШ МГУ* , 15
Раздобурдин Д. , *ГАИШ МГУ* , 15, 55
Рафиков Р. , *Кембриджский университет* , 16
Романихин С. М., *НИЯУ МИФИ*
Романский В. И., *ФТИ им. Иоффе РАН*
Ротин А. А., *ИКИ РАН*
Сазонов С. Ю., *ИКИ РАН* , 16
Селиванова Д. А., *НИЯУ МИФИ*
Семена А. Н., *ИКИ РАН*
Сербинов Д. , *ИКИ РАН*
Сильверстова Н. В., *Центр науки и творчества*
Соколова-Лапа Е. А., *ГАИШ МГУ*
Старобинский А. А., *Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау*
Старовойт Е. Д., *ПуцГЕНИ* , 55
Степанов А. В., *ГАО РАН* , 17
Струминский А. Б., *ИКИ РАН* , 17, 56
Сулейманов В. Ф., *Институт Астрономии и Астрофизики, университет Тюбингена; Казанский (Приволжский) федеральный университет* ,17
Сюняев Р. А., *МРА, ИКИ РАН*
Тагирова Р. , *ИКИ РАН* , 56
Тамбов В. В., *ИКИ РАН*
Теликова К. Н., *СПбПУ* , 56
Теплых Д. А., *Пуцинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН* , 57
Тимиркеева М. А., *Пуцинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН* , 57
Титов В. Ю., *ФИЦ ИУ РАН*
Ткаченко А. Ю., *ИКИ РАН*
Тронин И. В., *НИЯУ МИФИ*
Трушкин С. А., *САО РАН* , 58
Уваров Ю. А., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 18
Фёдорова В. А., *Пуцинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, ПуцГЕНИ* , 59
Фесик Л. Е., *СПбГУ* , 59
Филиппова Е. , *ИКИ РАН*
Финогенов А. В., *МРЕ, Хельсинкский университет* , 19
Хабибуллин И. , *ИКИ РАН* , 19
Хазанов Е. А., *ИПФ РАН* , 20
Хазингер Г. , *Гавайский университет*
Халили Ф. Я., *МГУ* , 20
Хамитов И. М., *Национальная обсерватория ТЮБИТАК, Турция* , 60
Хачатурян А., *Ереванский физический институт*, 60
Хоперсков С. , *Observatoire de Paris, ИНАСАН* , 20
Хорунжев Г. А., *ИКИ РАН* , 21

-
- Цыганков С. С., *Университет Турку* , 21
Чайкин Е. А., *СПбПУ* , 60
Человеков И. В., *ИКИ РАН* , 61
Черепашук А. М., *ГАИШ МГУ* , 21
Чернышов Д. О., *ФИАН* , 22
Чугунов А. И., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 22
Чуразов Е. , *ИКИ РАН*
Шакура Н. И., *ГАИШ МГУ* , 23
Шолухова О. Н., *САО РАН* , 61
Штернин П. С., *ФТИ им. Иоффе РАН* , 62, 62
Штыковский А. Е., *ИКИ РАН* , 63
Шуклин Ф. А., *НИЯУ МИФИ*
Шустов Б. М., *ИНАСАН* , 23
Щекинов Ю. А., *АКЦ ФИАН* , 24
Юнгельсон Л. Р., *ИНАСАН* , 24
Якупова В. Р., *НИЯУ МИФИ*