

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всероссийская астрофизическая конференция

**АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА (НЕА-2015)**

21-24 декабря 2015 г.

проводится при финансовой поддержке

Российской Академии Наук,
Российского Фонда Фундаментальных Исследований

Москва

2015

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:

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

Организационный комитет:

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

Устные доклады

Кирилл Евгеньевич Атапин (ГАИШ МГУ)

Стохастическая переменность SS433 и ультраярких рентгеновских источников: свидетельство сверхкритической аккреции

// К. Е. Атапин

Мы провели исследование стохастической рентгеновской переменности 12 наиболее типичных ультраярких рентгеновских источников (*ULX*). Ранее мы обнаружили, что в спектре мощности сверхаккретора *SS433* имеется “плоский участок” – в области частот $10^{-5} \div 10^{-3}$ Гц амплитуда переменности не зависит от частоты. Подобную характерную форму спектров мощности мы обнаружили у трех *ULX*: *NGC5408 X-1*, *NGC6946 X-1* и *M82 X-1*. Также у этих трех объектов наблюдаются квазипериодические осцилляции на частотах порядка 0.01 Гц. Мы полагаем, что такая форма спектров мощности связана с мощным ветром из аккреционного диска и является свидетельством сверхкритической аккреции в этих объектах.

Виктор Леонидович Афанасьев (САО РАН)

Исследование структуры AGN и гравитационных линз на масштабах < 0.01 пк методами поляриметрии на 6-м телескопе

// В. Л. Афанасьев

По наблюдениям на 6-м телескопе изменения угла плоскости поляризации в широких линиях *H α* выборки активных галактик и квазаров определен тип движения газовых облаков в области образования широких линий (*BLR*) на масштабах менее 0.01 парсека. Показано, что таким образом можно определить не только массу *SMBH*, но и наклон диска *BLR* к лучу зрения. Наблюдения гравитационных линз в поляризованном свете показывают значительную линейную поляризацию, что обусловлено усилением света на каустиках в различных направлениях.

Пётр Валерьевич Бакланов (ИТЭФ)

Прямое определение расстояний по Сверхновым IIP

// П. В. Бакланов

Рассматривается наиболее популярный способ определения расстояний до сверхновых *SN IIP*: метод расширяющихся фотосфер (*ERM*, Expanding Photosphere Method). Этот метод является очень ценным для космологии, так как *ERM*-расстояния не только не зависят от каких-либо ступеней космологической лестницы расстояний, но напротив, могут использоваться для её проверки и уточнения, поскольку этот метод позволяет напрямую определять расстояния до сотен мегапарсек. Ключевым местом метода *ERM* является предположение о потоке, испускаемым фотосферой *SN IIP*, в виде модифицированного планковского спектра: $I_\nu = \zeta_\nu^2 \pi B_\nu(T_{\text{color}})$. Входящий в эту зависимость корректирующий фактор ζ_ν напрямую влияет на точность определения расстояний до *SN IIP*. Теоретическое моделирование *SN IIP* Истмана и др. (1996) и Дессарта, Хиллиера (2005) показало, что существует корреляционная зависимость корректирующего фактора ζ_ν от цветовой температуры T_{color} испускаемого сверхновой излучения. Однако, ζ_ν , определяемая по аппроксимации Дессарта, давала систематически большее значение расстояний, чем формула Истмана, из-за чего разница в определяемом *ERM*-расстоянии могла достигать до 50%. В настоящей работе исследуется зависимость фактора ζ_ν от параметров сверхновых. В самосогласованном радиационно-гидродинамическом моделировании получена диаграмма $\zeta_\nu - T_{\text{color}}$ от начала взрыва до выхода оболочки на небулярную фазу. Показано, что на стадии плато, когда оправдано приближение свободного разлёта, наша аппроксимация для $\zeta_\nu - T_{\text{color}}$ близка к расчётам Дессарта и Хиллиера (2005), несмотря на совершенно разные подходы в решении задачи о моделировании излучения сверхновых. Этот результат является дополнительным аргументом для использования более “длинной” шкалы метода *ERM*. Его можно использовать для прямого определения расстояний до *SNIIP*.

Сергей Александрович Балашев (ФТИ им. Иоффе РАН)

Спектральные искажения дипольной компоненты реликтового излучения

// С. А. Балашев

В работе рассмотрены спектральные искажения дипольной компоненты Реликтового Излучения (РИ), возникающие за счет излучения первичной рекомбинации (ИПР), а также искажений y - и μ - типа. Эти искажения связаны с движением относительно системы покоя РИ и проявляются как частотно зависимые искажения спектра дипольной компоненты РИ. В первом приближении, ожидаемые относительные искажения на зависят от направлений наблюдения и достигают уровня 10^{-6} для ИПР и μ -искажений и 10^{-5} для y -искажений в диапазоне частот 1-700 ГГц. В свою очередь температурные отклонения, связанные с дипольной анизотропией искажений РИ зависят от направлений наблюдения. Для взаимно-перпендикулярных вдоль направления дипольной компоненты РИ, тем-

пературные поправки за счет ИПР и μ -искажений достигают значений 10 нК, а для y -искажений вплоть до 1 мК в частотном диапазоне 1-700 ГГц. Мы считаем, что измерения искажений дипольной компоненты РИ представляют альтернативный перспективный метод для прямой идентификации искажений РИ, так как: 1. Наблюдения не требуют абсолютной калибровки частотных каналов. 2. Области неба с минимальных “загрязнением” фона могут быть использованы для наблюдений. В частности, y -искажения диполя Реликта могут быть обнаружены со значимостью несколько стандартных отклонений с помощью планируемого телескопа *PIXIE*.

Андрей Белобородов (Колумбийский университет)

Гамма-всплески и релятивистские взрывные волны

// А. Белобородов

Гигантское выделение энергии в центре гамма-всплеска инициирует релятивистский взрыв в окружающей среде. Согласно теоретическим расчетам излучение от гамма-всплеска рождает большое количество электронов и позитронов в среде до прихода взрывной волны. Этот эффект подтверждается наблюдениями в диапазоне высоких энергий (ГэВ) и в оптическом диапазоне. Наблюдения позволяют реконструировать параметры взрыва для семи гамма-всплесков. Результаты показывают, что взрывная волна распространяется в ветре массивной звезды Wolf-Rayet, коллапс которой и привел к взрыву.

Ильфан Фяритович Бикмаев (Казанский (Приволжский)
федеральный университет)

Сверхновые Ia на ранних и небулярных стадиях

// И. Ф. Бикмаев

В докладе будут обсуждаться результаты исследований оптических спектров Сверхновых типа Ia, на ранних стадиях расширения оболочки и на небулярной фазе. В первой фазе в спектре наблюдаются линии поглощения, а во второй - эмиссионные детали. Современные компьютерные коды позволяют извлекать из наблюдаемых спектров количественную информацию о производстве тяжелых элементов и их распределении в расширяющейся оболочке.

Сергей Иванович Блинников (ИТЭФ)

Возможные пути для объяснения высокой светимости сверхмощных сверхновых (SLSN)

// С. И. Блинников

В последнее время обнаружены некоторые сверхновые с пиковой светимостью на порядок выше, чем для обычных сверхновых (SNe). Эти интригующие объекты называются Сверхмощными Сверхновыми (SLSNe), и их понимание необходимо для теории эволюции самых массивных звезд и, возможно, имеет отношение к загадочным механизмам гамма-всплесков.

Предложено несколько путей, т.е. сценариев, для объяснения SLSNe.

- Pair instability сверхновые, PISN
- “Магнитарный” механизм накачки
- Взаимодействие ударных волн с околос звездным веществом, и т.д.

Я рассматриваю текущее состояние исследований в этой области и обсуждаю проблемы, которые должны быть решены в теории SLSN. Указываю на важную роль долгоживущих радиативных ударных волн в моделировании этих событий. Эти ударные волны приводят к образованию тонких, но массивных, плотных слоёв, аналогичных тем, что образуются на стадии катастрофического охлаждения в моделях остатков сверхновых (SNR). Будут представлены некоторые новые результаты нашей работы по устойчивости тонких слоёв в многомерных гидродинамических расчетах. Мы используем три разных пакета гидродинамических программ (один из пакетов разработан в нашей группе) и несколько численных схем на различных сетках. Это помогает нам выяснить причины некоторых противоречивых выводов, которые могут быть найдены в текущей литературе по SNR об устойчивости тонких слоёв.

Родион Анатольевич Буренин (ИКИ РАН)

Поиск скоплений галактик на картах параметра Y обзора всего неба обсерватории им. Планка

// Р. А. Буренин

В докладе будет обсуждаться возможность поиска массивных скоплений галактик по картам параметра Y обзора всего неба обсерватории им. Планка. Показано, что используя вместе с картами параметра Y дополнительные данные Слоановского обзора, а также данные обзора *WISE*, можно обнаружить гораздо большее число массивных скоплений галактик, по сравнению с выборкой второго каталога скоплений обзора обсерватории им. Планка. Также в докладе будет дан обзор текущего состояния работ по оптическому отождествлению скоплений галактик из второго каталога обзора Планка.

Родион Анатольевич Буренин (ИКИ РАН)

Поддержка будущего обзора обсерватории СРГ при помощи нового спектрографа среднего и низкого разрешения на 1.6-м телескопе Саянской обсерватории

// Р. А. Буренин

В докладе будут обсуждаться возможности нового спектрографа среднего и низкого разрешения, установленного недавно на 1.6-м телескопе АЗТ-3ЗИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН, для решения задач наземной оптической поддержки будущего обзора всего неба обсерватории СРГ.

Андрей Михайлович Быков (ФТИ им. Иоффе РАН)

Пэватроны в областях звездообразования

// А. М. Быков

Недавние наблюдения космических нейтрино с энергиями выше 100 ТэВ мотивируют исследования возможных источников протонов и ядер с энергиями в ПэВ диапазоне. В докладе будут представлены модели таких источников, связанных со сверхновыми звездами в компактных скоплениях массивных молодых звезд, и, в частности, процессы в галактическом суперкластере *Westerlund I*. Обсуждаются наблюдательные проявления во всем спектре электромагнитного излучения, а также роль таких источников в галактиках с мощными областями звездообразования (*M82*, *NGC 253*, *NGC 1068* и др.).

Евгений Александрович Васильев (ФИАН)

Эволюция двойных сверхмассивных чёрных дыр и проблема последнего парсека

// Е. А. Васильев

Рассмотрена эволюция двойных сверхмассивных чёрных дыр (*ЧД*), происходящая под влиянием динамического взаимодействия со звёздами ядер галактик (рассеяния с передачей энергии от двойной *ЧД* к звезде, в результате которого радиус орбиты двойной уменьшается до тех пор, пока потери энергии за счёт излучения гравитационных волн не приведут к быстрому слиянию *ЧД*). “Проблема последнего парсека” возникает из-за того, что в идеализированном сферически-симметричном случае популяция звёзд с малым угловым моментом, способных взаимодействовать с двойной *ЧД* (т.н. “конус потерь”), довольно быстро истощается, в результате темп эволюции крайне замедляется и до стадии эффективно-го излучения гравитационных волн не доходит вовсе. Недавние *N*-body расчёты указывают на то, что в более реалистичных системах без сферической симметрии эволюция орбиты двойной *ЧД* происходит гораздо быстрее из-за эффективного перемешивания звёзд по угловому моменту в несферическом потенциале. Одна-

ко, столкновительная релаксация в таких расчётах гораздо более существенна, чем в реальных галактиках. Мы рассматриваем эту задачу с использованием нового метода Монте-Карло для динамической эволюции звёздных систем, который может применяться для несферических галактик и учитывает и столкновительную, и бесстолкновительную релаксацию, в регулируемом соотношении. Показано, что в бесстолкновительном предельном случае, проблема последнего парсека по-прежнему актуальна для сферических и осесимметричных галактик, но даже слабое отклонение от осевой симметрии приводит к её исчезновению (т.е. создаёт достаточно большую популяцию звёзд, взаимодействующих с двойной). Примечательно, что стандартные N -body методы не способны в настоящее время аккуратно моделировать такие системы из-за чрезмерно высокого уровня численной релаксации.

Евгений Олегович Васильев (НИИФ ЮФУ)

Динамика расширения сверхоболочек

// Е. О. Васильев

Эволюция сверхоболочек (*superbubbles*) определяет процессы газовых истечений из галактик, обогащения тяжелыми элементами межзвездной и межгалактической сред. В рамках трехмерной газодинамической модели исследована динамика формирования (сверх)оболочек при вспышках множественных сверхновых в скоплении. Найдено, что установившийся режим расширения оказывается отличным от известных и промежуточным между часто используемым законом расширения оболочки в приближении механической светимости и зависимостью для радиационной фазы. Обсуждаются влияние изменения режима расширения на оценку частоты вспышек сверхновых для сверхоболочек в галактиках со звездообразованием и наблюдательные проявления в оптическом и радиодиапазонах.

Алина Александровна Вольнова (ИКИ РАН)

Моделирование кривой блеска сверхновой 2013dx, ассоциированной с гамма-всплеском GRB 130702A

// А. Вольнова, М. Пружинская, А. Позаненко, С. Блинников, Е. Мазаева

Ещё в 1998 году, с началом эры изучения оптических компонентов космических гамма-всплесков, была открыта сверхновая 1998bw, связанная с близким всплеском GRB 980425 ($z = 0.0085$). По сей день эта сверхновая является одной из самых хорошо изученных сверхновых, ассоциированных с гамма-всплесками. За прошедшие годы было открыто 19 спектроскопических сверхновых типа Ib/c , связанных со всплесками, а также ещё около 30 кривых блеска оптических послесвечений имели фотометрический признак сверхновой на поздних стадиях. До сих пор достоверно не известно, все ли длинные гамма-всплески должны сопровождаться появлением сверхновой, а также нет единой модели их образования.

В данной работе представлено детальное исследование сверхновой *2013dx*, ассоциированной с близким всплеском *GRB 130702A* ($z = 0.145$). Построена одна из самых детальных на сегодняшний день кривых блеска сверхновой на основе оригинальных наблюдений и опубликованных данных. Проведено независимое моделирование многоцветной (*uBgrRiz*) кривой блеска сверхновой с помощью кода *STELLA* с оценкой различных параметров, таких как масса, радиус и химсостав прародителя гамма-всплеска и сверхновой, масса компактного остатка, кинетическая энергия взрыва, масса выделившегося никеля. Кроме того моделирование кривой блеска сверхновой позволило независимым способом оценить оптическое поглощение в родительской галактике.

Юрий Николаевич Гнедин (ГАО РАН)

Поляриметрия области широких эмиссионных линий в активных галактических ядрах как новый метод определения вириального фактора для оценки массы сверхмассивной черной дыры

// Ю. Н. Гнедин, М.Ю. Пиотрович

Оценка значений масс сверхмассивных черных дыр производится на основе вириальной теоремы, которая применяется к области генерации широких эмиссионных линий в активных галактических ядрах. Главная проблема состоит в том, что, так называемый, вириальный фактор (коэффициент), входящий в выражение, определяющее величину массы сверхмассивной черной дыры, до сих пор остается неизвестным. Часто при оценке масс сверхмассивных черных дыр его значение принимается равным единице. В данном докладе мы представляем метод определения величины вириального коэффициента, основанный на определении значений степени поляризации излучения широких эмиссионных линий. Предлагаемый метод действует в предположении, что область широких эмиссионных линий имеет дискообразную форму, причем данный диск может быть как геометрически тонким, так и геометрически толстым. В докладе будут представлены результаты численного определения вириальных факторов для значительного ряда активных галактических ядер, для которых получены поляризметрические данные, в том числе данные, полученные на *БТА-6м САО РАН*.

Сергей Андреевич Гребенев (ИКИ РАН)

Сверхдолгие обзоры неба обсерваторией INTEGRAL и происхождение излома в функции светимости галактических LMXBs

// С. А. Гребенев

Сверхдолгие (>10 лет) обзоры неба, выполненные телескопами *JEM-X* и *IBIS/ISGRI* обсерватории *INTEGRAL*, позволяют детально исследовать свой-

ства популяции галактических *LMXB* и, в частности, построить наиболее точные функции их рентгеновской светимости (LF). Для постоянных *LMXB* эта функция имеет ту же форму, что и функции светимости ближайших галактик, наблюдавшихся спутниками *Chandra* и *XMM-Newton* в более мягком диапазоне. Будучи записанной в форме $L \, dN/dL$, она оказывается плоской при $\lg(L[\text{эрг/с}]) < 37.3$ и падает степенным образом при больших L . Причины излома при $\lg(L) \approx 37.3$ все еще широко обсуждаются. Здесь, используя данные обсерватории INTEGRAL, мы впервые построили функцию средней рентгеновской светимости сильно переменных и транзиентных *LMXB*, в дополнение к функции постоянных источников. Мы обнаружили, что эта функция имеет ту же форму, но смещена в область более низких L . Это, а также полное отсутствие в нашей выборке постоянных источников со светимостями $\lg(L) < 35.0$ позволяет предположить, что наблюдаемый излом в функции LF связан с появлением в популяции *LMXB* в области низких L быстро растущей доли транзиентов при уменьшении числа постоянных источников. Реконструировав истинную функцию светимости галактических *LMXB* с учетом как постоянных, так и транзиентных источников, мы уже не обнаружили в ней явного излома. Среди возможных причин, вынуждающих *LMXB* становиться транзиентами при низких светимостях, указано на существование центробежного барьера для аккрецирующего вещества на границе магнитосферы быстровращающейся нейтронной звезды.

Андрей Викторович Грузинов (Нью-Йоркский университет)

Теорема единственности для пульсара

// А. В. Грузинов

Дается доказательство, хотя и весьма шаткое, теоремы единственности для пульсара: “Магнетосфера и (гамма) излучение слабого пульсара полностью определяются спином, диполем, и углом между ними.”

Леонид Гурвиц (Объединенный радиоинтерферометрический институт Европейского исследовательского консорциума, Делфтский технологический университет)

Радиотелескоп «Квадратный Километр»: машина открытий XXI века

// Л. Гурвиц

В докладе представлена концепция гигантского радиотелескопа нового поколения, предназначенного для исследований в метровом, деци- и сантиметровом диапазоне длин волн в широком спектре научных проблем от космологии до формирования планетных систем. Эта научная установка, известная под названием Радиотелескоп «Квадратный километр» (SKA, Square Kilometre Array), сооружается глобальным международным консорциумом и должна вступить в

строй в первой половине следующего десятилетия. Характеристики телескопа выработаны по результатам многолетнего всестороннего анализа нужд наблюдательной радиоастрономии по меньшей мере на протяжении первой половины XXI века. По своим основным параметрам «Квадратный километр» будет превосходить во всех своих рабочих диапазонах длин волн любой существующий или создаваемый сегодня инструмент минимум на полтора и часто на два-три порядка. Научные задачи проекта, положенные в основу его инженерной проработки, сформированы вокруг пяти основных тем: Эпоха космологической реионизации; Эволюция галактик; Магнитная Вселенная; Пульсары и гравитационные волны; Колыбель жизни во Вселенной. «Квадратный километр» значительно раздвинет границы основных радиоастрономических наблюдательных параметров, что, как показывает многовековой опыт астрономии, неизбежно приводит к важным и неожиданным открытиям. Поэтому шестой, наиболее загадочной ключевой темой «Квадратного километра» принято считать «Познание неизведанного». В докладе также приводится обзор текущего состояния проекта и иллюстрация наблюдательных возможностей Радиотелескопа «Квадратный километр».

Евгений Владимирович Деришев (ИПФ РАН)

Феноменологическая модель релятивистских ударных волн

// Е. В. Деришев

Предложена модель для описания структуры и излучения релятивистских ударных волн. Модель учитывает и основывается на нелокальном переносе энергии и импульса через фронт ударной волны с посредством излучения и поглощения высокоэнергичных фотонов (ранее было показано, что этот процесс имеет большое значение в контексте ускорения частиц). Предсказано существование двух принципиально неоднородных зон излучения – в набегающем и в отходящем потоках, – которые порождают три компоненты излучения с различными спектральными и временными характеристиками. Уникальной особенностью модели является наличие “аттрактора” в пространстве параметров, так что начальные параметры ударной волны со временем “притягиваются” к этой точке. Это позволяет оценить из первых принципов положение и относительную высоту синхротронного и обратного комптоновского пиков в спектре ударной волны.

Модель применима для любой релятивистской ударной волны, но ее отличительные черты проявляются лишь при достаточно больших компактностях, характерных, например, для источников гамма-всплесков.

Сергей Николаевич Додонов (САО РАН)

1-м телескоп Шмидта Бюраканской обсерватории : инструментальные возможности и задачи

// С. Н. Додонов

В докладе приводятся основные характеристики детектора и набора фильтров, установленных в фокусе телескопа, даются оценки экспозиций необходимых для достижения заданных предельных звездных величин. На основе данных об инструментальных возможностях рассматриваются наблюдательные задачи, которые могут быть решены на телескопе.

Мария Михайловна Кацова (ГАИШ МГУ)

Супервспышки на звёздах малых масс: магнитная природа и возможности наблюдений высокоэнергичных явлений

// М. М. Кацова

Кратко обсуждаются оптические наблюдения супервспышек на поздних карликах, проведенные на *КА Kepler*. На основе изучения звёздной активности рассмотрена частота появления событий с полной энергией $10^{33} - 10^{36}$ эрг, на 2 – 4 порядка превосходящей максимальную энергию солнечных вспышек. Показано, что столь экстремальные явления происходят на молодых звёздах с активностью солнечного типа (с периодами осевого вращения 2 – 15 дней). Совместный анализ супервспышек и наблюдений магнитных полей на поздних карликах позволяет оценить максимально возможную энергию вспышек на этих звёздах. Согласие теоретической оценки с наблюдениями указывает на то, что природа таких супервспышек аналогична тому, что приводит к самым мощным нестационарным явлениям на Солнце. Основным процессом при этом является ускорение большого числа частиц до высоких энергий, происходящее вблизи пятен, в областях сильных магнитных полей. Предлагается модель источника оптического континуума супервспышек, основанная на газодинамическом отклике хромосферы на воздействие мощного, достаточно жёсткого потока ускоренных электронов. Поскольку этот нагревающий поток ограничен развитием обратного тока, площадь источника оптического континуума оказывается на 2 – 3 порядка больше площади белых вспышек на Солнце. Далее рассматриваются следствия нашей модели, которые могли бы наблюдаться при супервспышке на *G* звёздах на расстоянии 100 парсек. Инжекция 10^{38} электронов в секунду с энергией $E > 30$ кэВ должна сопровождаться жёстким и мягким рентгеновским излучением, в том числе появлением аннигиляционной линии 0.5 МэВ. При этом следует учитывать флуоресценцию, в частности, появление линий около 6 кэВ, связанное с воздействием высокоэнергичных фотонов на фотосферу. Вычислен спектр микроволнового излучения супервспышки при инъекции такого количества электронов с достаточно жёстким спектром ($\gamma = -2.5$ в релятивистской области). Он соответствует потоку 2 миллиЯнски на частоте 30 ГГц, что доступно наблюдениям супервспышек, например, на *VLA*. В принципе, можно наблюдать также некоторые эффекты, связанные с воздействием релятивистских протонов на плотные

слои атмосферы звезды. При этом развиваются ядерные реакции при пролёте частиц, сопровождающиеся излучением линии 2.2 МэВ и других ядерных линий с энергиями фотонов 3 – 10 МэВ. Перспективным представляется прямое обнаружение лития при супервспышках по излучению резонансной линии 6708 Å и определение отношения изотопов ${}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}$.

Сергей Вячеславович Комаров (ИКИ РАН, МРА)

Подавление коэффициента диффузии электронов в плазме, подверженной зеркальной неустойчивости

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

Межгалактическая плазма подвержена шланговой и зеркальной неустойчивостям на масштабе ионного ларморовского радиуса. Зеркальная неустойчивость создает параллельные флуктуации магнитного поля $\delta B/B \sim 1$, которые играют роль магнитных ловушек для тепловых электронов, подавляя тепловой поток. В данной работе мы вычислили эффективную параллельную теплопроводность для разных этапов эволюции зеркальной неустойчивости: фазы secularного роста возмущений и фазы насыщения неустойчивости. В фазе secularного роста подавление составляет ≈ 0.2 , в насыщении – 0.3 спитцеровской величины. Эффект действует в дополнение к другим механизмам подавления (например, за счет сложной топологии силовых линий) и независимо от них. Полученная величина подавления в 3-5 раз, по видимости, является характерной и, вероятно, универсальной чертой слабостолкновительной плазмы, подверженной зеркальной неустойчивости.

Владимир Владиленович Кочаровский (ИПФ РАН)

Точные решения для двухмасштабных, расщеплённых и несимметричных токовых слоёв в релятивистской бесстолкновительной плазме и описание границы замагниченной плазмы

// В. В. Кочаровский

С использованием разработанного нами метода построения самосогласованных нейтральных токовых структур в релятивистской бесстолкновительной многокомпонентной плазме с произвольным распределением частиц по энергии (*PRL* 104, 215002 (2010)) найдены точные решения для разнообразных - двухмасштабных, расщеплённых, несимметричных - токовых слоёв. В теории строго учтены сложное движение захваченных и пролётных частиц и пространственная неоднородность анизотропии их функций распределения. Исследованы характерные профили самосогласованных магнитного поля и токов и допустимые степень анизотропии распределения частиц и отношение плотности их энергии к плотности энергии магнитного поля. На этой основе дано аналитическое описание ряда

возможных токовых структур границы между незамагниченной плазмой и плазмой в сильном внешнем магнитном поле. Полученные результаты значительно расширяют класс известных точных решений рассмотренного типа. В докладе представлен их сравнительный анализ и обсуждаются возможные применения для построения аналитических моделей различных токовых структур в космической плазме и для интерпретации результатов численного моделирования подобных структур. Кроме того, указаны возможные особенности анизотропии синхротронного излучения самосогласованных токовых слоёв и приведены примеры аналитического описания изломов и скрытых компонент в его степенных спектрах (*Physics of Plasmas* 22, 083303 (2015)).

Вячеслав Иванович Крауз (НИЦ Курчатовский институт)

Лабораторное моделирование астрофизических джетов с помощью установок типа плазменный фокус: состояние и перспективы

// В. И. Крауз

Лабораторное моделирование астрофизических процессов является одним из интенсивно развиваемых в настоящее время направлений физики плазмы [1]. Значительный прогресс в моделировании астрофизических джетов достигнут с помощью мощных лазеров [2] и Z -пинчей [3]. В докладе рассматриваются возможности установок типа «плазменный фокус» ($ПФ$) для лабораторного моделирования астрофизических джетов. $ПФ$ установки, принцип действия которых основан на пинчевании нецилиндрической токонесущей плазменной оболочки на оси системы, известны как источники интенсивных плазменных потоков. Анализ параметров этих потоков показывает, что они могут быть эффективно использованы для моделирования джетов молодых звездных объектов. В НИЦ «Курчатовский институт» начат цикл работ по моделированию астрофизических джетов [4-6]. Основной акцент сделан на моделирование распространения джета в межзвездной среде. Базовые эксперименты выполняются на установке $ПФ$ -3. Получены первые результаты по определению формы и структуры плазменного потока, плотности и температуры, как самого потока, так и фоновой плазмы, распределения захваченных магнитных полей. Ключевая проблема, на решение которой направлены исследования, заключается в определении физических механизмов коллимации астрофизических джетов. В рамках проекта предусматривается широкое международное сотрудничество. В СФТИ (Сухум) и ИФПИЛМ (Варшава) начаты эксперименты на $ПФ$ установках типа Мейзера с импульсной инжекцией рабочего газа. Это позволяет создавать профилированные начальные распределения газа и, таким образом, эффективно управлять «контрастом» (отношением плотности джета к плотности фоновой плазмы). Использование трех крупнейших в мире $ПФ$ установок с различной конфигурацией электродов (тип Мейзера и тип Филиппова), а также установки МПК (ХФТИ, Харьков) существенно расширяет диапазон экспериментальных условий и, соответственно, диапазон параметров астрофизических джетов, которые могут быть промоделированы в таких экспериментах. Эксперименты сопровождаются аналитическими и численными

расчетами. Основное внимание уделено процессам радиационного охлаждения, влияющим на скорость расширения струи.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 14-29-06085_ОФИ_М, 14-02-01203, 15-52-40009-Абх_а, и 14-02-90427 Укр_а)

Литература

1. Remington B.A., Drake R.P., Ryutov D.D. Reviews of Modern Physics. 2006. V. 78. P. 755.
2. B. Albertazzi, et al., Science 17 October 2014: 325-328
3. F Suzuki-Vidal et al., Journal of Physics: Conference Series 511 (2014) 012050
4. V. Krauz, et al., Physica Scripta, T161 (2014) 014036
5. К. Н. Митрофанов, и др.. ЖЭТФ. 2014, том146, вып.5(1), стр.1035
6. Ананьев С.С., и др. ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. 2013. Т. 36. №4. С. 102

Роман Александрович Кривонос (ИКИ РАН)

Обзор Галактического Центра по данным обсерватории NuSTAR

// Р. А. Кривонос

В обзорном докладе будут представлены недавние результаты работы обсерватории *NuSTAR* в области Галактического Центра. В частности, будут показаны свежие результаты по исследованию морфологии и спектров излучения молекулярных облаков скопления Лучника, *MC1* и *Bridge*.

Александр Геннадиевич Куранов (ГАИШ МГУ)

Сливающиеся белые карлики и *SN Ia*.

// А. Г. Куранов, Л. Р. Юнгельсон

Вспышки сверхновых типа *Ia* (*SN Ia*) отождествляются с термоядерными взрывами углеродно-кислородных белых карликов (*БК*) в результате аккреции вещества в двойных системах. В качестве звезды донора может выступать либо нормальная звезда с водородной или гелиевой оболочкой (“Single degenerate scenario” (*SD*)), либо *БК* (“Double-degenerate scenario” (*DD*)). Единственным сценарием *SN Ia*, который может объяснить времена задержки *SN Ia* от нескольких десятков млн. лет до хаббловского времени является *DD*-канал.

В настоящей работе методом популяционного синтеза исследовано пространство параметров сливающихся двойных белых карликов. Результаты расчетов показывают, что численность сливающихся суб- и сверх-чандрасекаровских *БК* существенно меньше необходимого для воспроизведения наблюдаемой кривой распределения *SN Ia* по временам задержки и предполагаемой частоты вспышек в Галактике. Это может указывать на проблемы в понимании механизма вспышек *SN Ia* и эволюции тесных двойных систем.

Наталья Сергеевна Лыскова (ИКИ РАН, МРА)

Методы оценки масс эллиптических галактик, применимые для больших обзоров

// Н. С. Лыскова

Точное определение масс большого количества галактик на разных красных смещениях имеет важнейшее значение для понимания процессов их формирования и эволюции со временем. Для подобных задач целесообразно иметь простые и надёжные методы, которые позволяют из минимального набора наблюдательных данных получить несмещённую оценку массы с известным и умеренным разбросом. В настоящей работе проведено детальное изучение подобных методов оценки масс эллиптических галактик и исследована область их применимости. Предложен новый индикатор полной массы эллиптических галактик. Согласно тестам на модельных галактиках, полученных в результате численного моделирования, локальное значение дисперсии лучевых скоростей на радиусе R_2 , где профиль поверхностной яркости убывает как R^{-2} , может быть использовано в качестве индикатора полной массы галактики. Обсуждаются также возможные ограничения на нетепловое давление газа, долю тёмной материи и наклон профиля полной массы, вытекающие из сравнения оптических оценок массы с оценками из данных по рентгеновскому излучению, вкладу звёздной компоненты и линзированию.

Максим Юрьевич Лютиков (Purdue University)

Вспышки в Крабовидной туманности

// М. Ю. Лютиков

Обсуждается модель ускорения частиц при магнитном пересоединении в релятивистской магнитно-доминированной плазме для объяснения коротко-перемежного гамма-излучения в различных астрофизических источниках (пульсарных туманностях, активных галактических ядрах и гамма-всплесках). На примере недавно обнаруженных вспышек из Крабовидной туманности я опишу модели взрывного пересоединения, которые позволяют (супер-)эффективно ускорять частицы на макроскопических масштабах до Лоренц-факторов порядка нескольких миллиардов.

Михаил Викторович Медведев (Канзасский Университет)

Аномальное Фарадеевское вращение в межзвёздной/межгалактической среде

// М. В. Медведев

Фарадеевское вращение плоскости поляризации излучения является одним из основных методов “измерения” магнитных полей в межзвёздной и межгалактической среде.

тической плазме. Оказывается, что стандартная зависимость угла вращения от длины волны может заметно отличаться от известного квадратичного закона. Мы покажем, что наличие мелкомасштабной электромагнитной турбулентности приводит к аномальному (и даже отрицательному) Фарадеевскому вращению. Этот новый эффект связан с “квазистолкновениями” индуцированными турбулентными полями и может проявляться даже в полностью бесстолкновительной плазме. Более того, квазистолкновительность влияет на перенос излучения в целом и, в частности, на коэффициенты отражения, прохождения и поглощения, что может быть важно и в других астрофизических объектах.

Павел Сергеевич Медведев (ИКИ РАН)

Диффузия гелия в период формирования первых галактик

// П. С. Медведев¹, С. Ю. Сазонов¹, М. Р. Гильфанов^{1,2}

¹ИКИ РАН, ²МРА

В работе исследован вопрос возможного влияния диффузии на обилие первичных элементов в период формирования структур в ранней Вселенной. Мы рассматриваем первичный коллапс возмущений и последующую аккрецию вещества на вириализованные гало с массами значительно превышающими критическую массу Джинса.

Мы обнаружили, что диффузия приводит к приросту относительного обилия гелия порядка 10^{-4} внутри первых формирующих звезды минигало в период окончания Темной Эры ($z \sim 10$). Умеренный прогрев первичного газа (до 100K) в эпоху ранней реионизации может увеличить этот эффект до 3×10^{-4} для гало с массами $10^6 M_{\odot}$. Существенно больший эффект, несколько десятых процента, может достигаться значительно позже, в эпоху постреионизации, $z \sim 2$, в протогруппах галактик с массами $10^{13} M_{\odot}$.

Найденные изменения обилия первичных элементов малы, но сравнимы с уже достигнутой точностью, $\sim 0.1\%$, предсказаний теории первичного нуклеосинтеза. Благодаря быстрому прогрессу в наблюдательной технике, прямые измерения обилия элементов в низко-металлических областях Вселенной вскоре достигнут сравнимого уровня точности. В таком случае учет эффектов связанных с диффузией станет важен.

Илья Александрович Мереминский (ИКИ РАН)

Глубокий обзор в жестких рентгеновских лучах прибором IBIS обсерватории ИНТЕГРАЛ внегалактических полей (M81, БМО и 3C 273/Coma) // И. А. Мереминский¹, Р. А. Кривонос¹, А. А. Лутовинов¹, С. Ю. Сазонов^{1,2}, М. Г. Ревнивцев¹

¹ИКИ РАН, ²МФТИ

Мы представляем результаты обзора трех глубоких экстрагалактических полей - M81, LMC и 3C 273/Coma в жестком (17 – 60 кэВ) рентгеновском диапазоне телескопом IBIS обсерватории INTEGRAL. Обзор основан на данных 12 лет

наблюдений (2003 – 2015) и достигает пиковой 4σ чувствительности в 0.18 мКраб (2.57×10^{-12} эрг $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$). Полная площадь обзора - 4900 кв. градусов, 90% площади покрыто с чувствительностью лучше 0.87 мКраб. В трех полях зарегистрировано 147 источников, большинство из которых экстрагалактические - в.т.ч. 65 Сейфертовских галактик, 14 блазаров, два скопления галактик. 37 источников впервые зарегистрированы в жестком рентгеновском диапазоне, 13 из них были отождествлены с известными мягкими рентгеновскими источниками. Полнота обзора составила 83%. Для АЯГ каждого поля по отдельности и для всего обзора мы построили $\log N$ - $\log S$ зависимости и определили объемные плотности.

Работа была поддержана грантом РНФ 14-22-00271.

Александр Валерьевич Мещеряков (ИКИ РАН)

Измерение красных смещений скоплений галактик $z < 0.45$ с высокой точностью по фотометрическим данным SDSS

// А. В. Мещеряков¹, С. В. Герасимов², В. В. Глазкова², Р. А. Буренин¹

¹ИКИ РАН, ²МГУ ВМК

В докладе представлен новый метод измерения красных смещений скоплений галактик по данным фотометрического обзора неба *SDSS-III*. Высокоточные измерения photo- z галактик красной последовательности с использованием методик машинного обучения на тренировочной выборке из больших красных галактик *BOSS LOWZ* позволяют определять красные смещения скоплений в диапазоне $z < 0.45$ с точностью $\sigma_{\text{norm}} = 0.011$. Точность предложенного метода оценивалась на скоплениях галактик из каталога *400d*.

Работа поддержана грантом РФФИ №14-22-03111. Работа опубликована в Письмах в Астрономический Журнал, 2015, том 41, №7, с.339–349

Алексей Валерьевич Моисеев (САО РАН)

Протяженные газовые диски в галактиках ранних типов

// А. В. Моисеев

Методом оптической 3D-спектроскопии изучена кинематика газа в галактиках ранних типов ($S0-S0/a$), обладающих протяженными (размером не менее нескольких кпк) газовыми дисками. Крупномасштабные поля скоростей ионизованного газа были получены на 6-м телескопе САО РАН с помощью сканирующего интерферометра Фабри-Перо. Выполнен анализ этих данных вместе с доступной в архивах различных телескопов информацией о кинематике звезд в околоядерных областях и нейтрального водорода во внешних. Газовый диск часто оказываются несовпадающим со звездными (наклонным, изогнутым и т.п.), причем величина рассогласования меняется с радиусом. Мы приводим аргументы в пользу того, что основной причиной формирования таких дисков в большинстве изученных галактик является приобретение газа извне. Причем следы аккреции газа обнаруживаются в различном галактическом окружении: как в тесных группах, так и в среди изолированных галактик.

Сергей Владимирович Мольков (ИКИ РАН)

LMC X-4: “рентгеновские часы” в Большом Магеллановом Облаке

// С. В. Мольков, А. А. Лутовинов, С. С. Цыганков & М. Фаланга

Массивная двойная рентгеновская система *LMC X-4* обладает уникальным набором наблюдаемых временных переменностей, от периодических модуляций потока на различных масштабах времени (суперорбитальный 30-ти дневный цикл, орбитальная модуляция с периодом 1.4 дня и собственное вращение нейтронной звезды, 13.5 секунды) до спорадических всплесков регистрируемого излучения. Мы проанализировали доступные данные рентгеновских наблюдений *LMC X-4* с момента открытия источника в 70-х годах и до настоящего времени и уточнили модели, описывающие суперорбитальное и орбитальное движения. Кроме того, мы обнаружили квазипериодическое изменение наблюдаемого периода пульсаций нейтронной звезды с характерным временем 5000 дней. Рассматриваются различные механизмы способные вызвать долговременные вариации периода пульсаций около “равновесного” значения: внутренние процессы в нейтронной звезде, изменение темпа аккреции в системе или движение системы вокруг третьего тела.

Дмитрий Исидорович Нагирнер (СПбГУ)

Магнитотормозное излучение при произвольных энергиях электронов

// Д. И. Нагирнер

Дается формулировка теории излучения электронов в магнитном поле, справедливая при произвольных энергиях электронов. Исходя из выражения для коэффициента излучения в заданном направлении в фиксированной линии при закреплённой частоте электрона, движущегося по спирали, интегрированием по питч-углу находится излучательная способность одного электрона. Аналогичная величина определяется для ансамбля электронов как с фиксированной энергией, так и при осесимметричной функции их распределения по отношению к магнитному полю, в одной линии, а затем во всех линиях, дающих вклад в заданную частоту. Отдельно рассмотрены случаи полного излучения (во всех направлениях) и изотропного распределения электронов. Показано, что в пределе высоких энергий формулы переходят в известные для ультрарелятивистских электронов. Учитывается поляризация излучения и формулируется релятивистское кинетическое уравнение, описывающее многократное действие механизма. Получены формулы, согласно которым происходит уменьшение энергии, импульса и других характеристик электрона, включая питч-угол, вследствие излучения. Составлены компьютерные программы для расчета рассматриваемых величин. Результаты могут быть использованы при интерпретации спектров джетов активных ядер галактик, а также двойных систем с черными дырами или нейтронными звездами.

Алексей Позаненко (ИКИ РАН)

Поиск быстрых радиовсплесков в данных круглосуточного обзора на 110 МГц (БСА ФИАН)

// А.С. Позаненко¹, В. А. Самодуров^{2,3}

¹ИКИ РАН, ²МГУ физический факультет, ³НИУ «Высшая школа экономики»

Природа ярких коротких радиовсплесков (FRB) [1] до сих пор неизвестна, статистика их регистрации мала. Данные, получаемые и накапливаемые на радиотелескопе БСА ФИАН можно использовать для поиска таких событий. С 2012 года на радиотелескопе БСА ФИАН работает многолучевая диаграмма, способная в настоящее время (конец 2015 г.) ежедневно наблюдать в 96 лучах в диапазоне координат по склонению 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. В режиме приема 32 полос (+1 общая полоса) с постоянной времени 12.5 мс соответственно записывается $33 \times 96 \times 80$ четырехбайтовых вещественных чисел, а в сутки 87.5 Гб данных. Данные, пригодные для анализа составляют лишь часть всех наблюдений, а именно сектор по склонению от $+2$ до $+43$ градусов, что составляет около 12700 кв. градусов, или 0.31 поверхности сферы. Именно такая зона удовлетворительного качества покрывается диаграммой радиотелескопа за сутки. В отдельно взятый момент времени в многолучевой диаграмме БСА находится около 40 квадратных градусов, т.е. 0,001 от площади всей сферы. С июня 2014 г. ведутся наблюдения одновременно в 2-х модах: стандартной (постоянная времени 0.1 сек, в 6 полосах по 415 КГц, и быстрой (12.5 мс, 32 полосы по 78 КГц). На начало ноября 2015 накоплено уже 17 месяцев наблюдений в быстрой моде. Именно эти данные будут использованы для целей поиска быстрых радиовсплесков. Действительно, общая ширина полосы составляет 2.5 МГц, между соседними полосами разница в 78 КГц, и время прохождения источника через диаграмму БСА около 5 минут. Данные характеристики отвечают возможности обнаружить короткие радиовсплески с очень высокими дисперсионными задержками. Действительно, для $DM = 1000$ временная задержка на частоте 110 МГц с отличием частот на 2 МГц составляет 12 сек, что много меньше ширины диаграммы БСА. Мы обсуждаем алгоритм и первые результаты поиска. Данная работа частично поддержана грантом РФФИ 14-07-00870а.

Литература

1. D. Maoz et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 454, 2183

Сергей Борисович Попов (ГАИШ МГУ)

Виден ли холловский аттрактор в нейтронных звездах?

// С. Б. Попов

Недавно в расчетах Gourgoulatos & Cumming (2014) было показано наличие особой стадии в эволюции магнитного поля нейтронных звезд. На этом этапе жизни компактного объекта холловский каскад в его коре практически останавливается. При этом поле имеет четко определенную структуру, в которой доминирует полоидальное дипольное и октупольное ($l = 3$) поле. Эта стадия названа «холловским аттрактором». Мы рассматриваем два типа нейтронных

звезд, в которых возможно существование холловского аттрактора: радиопульсары промежуточного возраста и остывающие радиотихие нейтронные звезды («Великолепная семерка»). Показано, что для радиопульсаров при определенном выборе параметров можно говорить о том, что затухание магнитного поля останавливается благодаря выходу на режим аттрактора. Однако такое объяснение не является наиболее вероятным. Анализ спектров некоторых объектов «Великолепной семерки» позволяет объяснить их свойства выходом на режим аттрактора.

Константин Александрович Постнов (ГАИШ МГУ)

Вращение ядер звезд перед коллапсом и перспективы обнаружения гравитационно-волнового сигнала

// К. А. Постнов^{1,2}, А. Г. Куранов¹, Д. А. Колесников¹, Попов С. Б.¹, Н. К. Порайко^{1,3}

¹ГАИШ МГУ, ²ИТЭФ, ³MPIfR, Bonn

Методом популяционного синтеза рассчитывается вращение ядер массивных звезд. Связь вращения СО-ядра с оболочкой описывается в рамках эффективного времени обмена моментом импульса. Сравнение расчетов эволюции вращения ядер звезд таким методом и кодом *MESA* показывает удовлетворительное совпадение. Сравнение расчетов эволюции одиночных и двойных звезд с ожидаемыми начальными периодами вращения пульсаров позволяет определить величину эффективного времени 510^5 лет. Расчеты показывают, что около 10^{-4} железных ядер звезд перед коллапсом могут иметь отношение кинетической энергии вращения к потенциальной энергии достаточно высокое (выше 0.0025) для возможной фрагментации протонейтронной звезды из-за динамической неустойчивости. При современной чувствительности ГВ-детекторов *aLIGO*, гравитационно-волновое излучение при слиянии двойной протонейтронной звезды (Имшенник, 1992) может наблюдаться в 0.01 коллапсов ядер массивных звезд, что может быть сопоставимо с ожидаемым числом слияний двойных нейтронных звезд внутри современного горизонта видимости таких источников детектором *aLIGO* (60-70 Мпк).

Александр Юрьевич Потехин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Проверка теоретических моделей сверхплотного вещества путём исследования нейтронной звезды в Кассиопее А

// А. Потехин

Нейтронная звезда в остатке сверхновой Кассиопея А остывает удивительно быстро: температура её поверхности упала на несколько процентов за 10 лет наблюдений, что неожиданно много для её возраста, составляющего около 330 лет. Возможно, что причиной этого служит происходящее на наших глазах развитие нуклонной сверхтекучести в ядре звезды, сопровождающееся усиленным излучением пар нейтрино-антинейтрино, уносящих энергию. Это даёт уникальный шанс проверить теоретические модели нуклонной сверхтекучести и уравнения

состояния вещества сверхъядерной плотности путём сравнения предсказанной ими скорости остывания нейтронных звёзд разной массы с данными наблюдений. В нашей работе такая проверка впервые проведена самосогласованно, без априорных предположений о массе и радиусе звезды, с использованием реалистичных уравнений состояния и моделей нуклонной сверхтекучести. В результате удалось показать, что в рамках вышеуказанной интерпретации данных наилучшее согласие теории с наблюдениями даёт использование уравнения состояния BSk21 (Potekhin et al. 2013, A&A, 560, A48) для звезды с массой 1.43 массы Солнца, в ядре которой развивается сильная синглетная сверхпроводимость протонов и умеренно-сильная триплетная сверхтекучесть нейтронов, а внешние оболочки состоят из элементов тяжелее углерода.

Юрий Иормович Поутанен (Университет Оулу)

Параметры нейтронных звезд из рентгеновских всплесков

// Ю. И. Поутанен

Будет дан обзор основных результатов о моделях атмосфер нейтронных звезд и их применения к рентгеновским всплескам. Также будут обсуждаться получаемые ограничения на основные параметры, такие как масса и радиус.

Максим Сергеевич Пширков (ГАИШ МГУ, ИЯИ РАН)

Поиск гамма-излучения от двойных систем с мощными сталкивающимися ветрами

// М. С. Пширков

Двойные системы массивных звёзд (звёзды типа Вольфа-Райе с компаньоном ранних спектральных классов), в которых сталкиваются мощные звёздные ветры, уже долгое время рассматривались как возможные источники гамма-излучения высоких энергий (> 100 МэВ). Излучение, однако, было обнаружено только от системы Эты Киля. В данной работе был проведен поиск гамма-излучения от семи таких систем (*WR 11*, *WR 70*, *WR 137*, *WR 140*, *WR 146*, *WR 147*) которые были отобраны по максимальной теоретически предсказанной светимости. Для анализа было использовано почти 7 лет данных наблюдений телескопа *Fermi LAT*. Система *WR 11* (Гамма² Парусов) была обнаружена на уровне 6.1 сигма с фотонным потоком в диапазоне $0.1 - 100$ ГэВ $(1.8 \pm 0.6) \times 10^{-9}$ см⁻² с⁻¹, потоком энергии $(2.7 \pm 0.5) \times 10^{-12}$ эрг см⁻² с⁻¹. На расстоянии 340 пк это соответствует светимости $(3.7 \pm 0.7) \times 10^{31}$ эрг с⁻¹. Эта светимость составляет долю в 2×10^{-6} от общей кинетической мощности звездного ветра в системе и 2×10^{-4} от мощности, рассеиваемой в области столкновения ветров. Также верхние пределы были поставлены на поток от систем *WR 70* и *WR 140*. Обнаружение *WR 11* в ходе наблюдений *Fermi LAT* позволяет говорить о системах со сталкивающимися звёздными ветрами как о новом классе источников в диапазоне высоких энергий.

Дмитрий Николаевич Раздобурдин (ГАИШ МГУ)

Транзиентный рост крупномасштабных вихрей в релятивистских областях аккреционных дисков

// Д. Н. Раздобурдин

Одной из нерешённых проблем теории аккреционных дисков является вопрос о возможности перехода однородного сдвигового течения в турбулентное состояние в отсутствие каких-либо спектральных неустойчивостей, в том числе и магниторотационной. Такая возможность могла бы стать альтернативой общепринятой картине сверхкритической турбулентности, порождаемой, например, присутствием магнитного поля в веществе диска. Для случая субкритической турбулентности гидродинамические исследования предлагают сценарий, называемый обходным (bypass), который приводит к турбулизации сдвигового течения за счёт отбора энергии у него транзитно растущими линейными возмущениями (более того, как показывают недавние работы, даже в присутствии магниторотационной неустойчивости транзитные возмущения способны расти быстрее неустойчивых мод). Несмотря на то, что численным моделированием до сих пор не удалось обнаружить переход к турбулентности вплоть до значений числа Рейнольдса порядка $10^6 - 10^7$, вопрос не может считаться окончательно закрытым, поскольку в реальных астрофизических дисках число Рейнольдса может достигать 10^{10} и выше. В нашей работе было обнаружено, что на величину транзитного роста оказывают существенное влияние релятивистские поправки к кеплеровскому профилю угловой скорости. Причём, это влияние особенно заметно для крупномасштабных вихрей, азимутальная длина волны которых превышает толщину диска. Мы полагаем, что обнаруженный нами эффект усиления транзитного роста крупномасштабных вихрей с учётом релятивистских поправок, позволит смягчить требования к значению критического числа Рейнольдса во внутренних областях аккреционных дисков вокруг черных дыр. Мы также считаем, что следствием этого может являться радиальное падение коэффициента турбулентной вязкости в диске.

Роман Рафиков (Принстонский университет)

Волны плотности в астрофизических дисках

// Р. Рафиков

Многие астрофизические диски обладают нетривиальной неосесимметричной структурой, часто проявляющейся в виде спиральных рукавов. Примерами таких систем являются диски галактик, аккреционные диски в двойных системах, содержащих компактные объекты, обогащенные металлами газовые диски вокруг белых карликов, протопланетарные диски, кольца планет, и т.д. В докладе будут представлены современные наблюдения спиральных структур во многих дисковых системах. Также будут описаны основы теории возбуждения, распространения, и диссипации спиральных волн в газовых дисках. Применение этих идей к протопланетным дискам вокруг молодых звезд позволяет нам лучше понять процессы, сопровождающие образование экзопланет, что будет продемонстрировано в заключение доклада.

Андрей Николаевич Семена (ИКИ РАН)

Определение особенностей аккреционного течения в карликовой Новой HL CMa из анализа переменности ее светимости

// А. Н. Семена

Показано, что переменность системы HL CMa подавлена на частотах выше 0.7×10^{-2} Гц. Подавление переменности на этой частоте может быть связано с частичным испарением внутренних областей оптически толстой части аккреционного диска или с характерным временем переработки излучения, идущего из центральных областей системы. Обнаружено, что частота подавления переменности не меняется при переходе системы из спокойного во вспышечное состояние, что свидетельствует о неизменности геометрии аккреционного течения. Исходя из оптической и рентгеновской светимости системы сделан вывод о том, что пограничный слой на поверхности белого карлика находится в оптически толстом режиме, как в спокойном, так и во вспышечном состоянии. Последнее означает, что оптически толстая часть аккреционного течения (диска) доходит до поверхности белого карлика.

Алексей Александрович Старобинский (Институт
теоретической физики им. Л.Д. Ландау)

Инфляционная стадия: что мы о ней знаем и что можем открыть

// А. А. Старобинский

Сделан обзор физических свойств инфляционной стадии в ранней Вселенной (кривизна пространства-времени, скорость ее изменения, масса инфлатона и др.), которые вытекают из последних наблюдательных космологических данных при простейших модельных предположениях. Из того, что можно сделать в ближайшем будущем, наиболее фундаментальным остается открытие первичных гравитационных волн, генерированных в ходе инфляции. Аргументируется, что измеренное значение наклона Фурье-спектра мощности скалярных (адиабатических) возмущений $n_s - 1$ при некоторых естественных дополнительных предположениях ведет к малому, но не слишком малому значению для отношения мощностей тензорных и скалярных возмущений $r \sim 3(n_s - 1)^2 \sim 0.003$ или более. Другое возможное будущее открытие связано с локальными особенностями в спектре анизотропии температуры реликтового излучения в интервале мультиполей $l = (20 \div 40)$, за которыми может скрываться новая физика на инфляционной стадии, например, существование частицы более тяжелой, чем инфлатон.

Валерий Фиалович Сулейманов (Институт Астрономии и
Астрофизики, университет Тюбингена)

Взаимодействие аккреционного диска и магнитного поля белого карлика в промежуточном поляре GK Per

// В. Ф. Сулейманов, В. А. Дорошенко, Г. В. Жуков, К. Werner.

Промежуточные поляры являются источниками жесткого рентгеновского излучения, спектр которого определяется скоростью свободного падения вещества вблизи поверхности белого карлика. В свою очередь, скорость падения определяется массой белого карлика и начальной высотой падения вещества, т.е. радиусом его магнитосферы. Для учета данного обстоятельства нами была рассчитана новая сетка моделей рентгеновских спектров промежуточных полярных учитывающая дипольную структуру поля и конечный размер магнитосферы в качестве дополнительного параметра. Моделирование наблюдаемых спектров белого карлика в промежуточном поляре GK Per, полученных с помощью рентгеновских обсерваторий *NuSTAR*, *INTEGRAL* и *Swift* во время вспышки и в спокойном состоянии показывает, что радиус магнитосферы увеличивается от ~ 2 до ~ 6 радиусов БК (при его массе, близкой к $0.9 M_{\odot}$) при переходе от вспышки к спокойному состоянию, что в пределах ошибок согласуется с зависимостью радиуса Альвена от темпа аккреции.

Рашид Алиевич Сюняев (ИКИ РАН, МРА)

Спутник ПЛАНК как спектрометр реликтового излучения: новые ограничения на параметр комптонизации во Вселенной

// Р. А. Сюняев

Карта флуктуаций “ y ” и “ μ ” искажений спектра реликтового излучения, полученная прибором *HFI* спутника *ПЛАНК*, позволила получить верхнюю границу на среднюю по небу величину вклада в монополь флуктуирующих по углу параметров комптонизации “ y ” и “ μ ”. Этот предел в 8 раз ниже верхней границы на монополь, полученной 25 лет назад знаменитым прибором *COBE/FIRAS*. Обзор неба, проведенный “Телескопом на Южном Полюсе”, позволил получить интересную нижнюю границу вклада в монополь флуктуирующего по углу параметра комптонизации “ y ”. Наблюдательные пределы сравниваются с результатами численного моделирования процессов энерговыделения во Вселенной при сравнительно небольших красных смещениях.

Сергей Анатольевич Трушкин (САО РАН)

Новая вспышка рентгеновской двойной V404 Cyg спустя 26 лет

// С. А. Трушкин

Рентгеновская двойная *V404 Cyg (GS2023+338)*, в состав которой входит динамически установленная черная дыра, спустя 26 лет вновь вспыхнула 15 июня 2015 года в рентгеновском диапазоне с рекордными потоками около 40 крабов. Мы наблюдали объект на *РАТАН-600* с 18 июня, когда поток был измерен на уровне 50-100 мЯн в диапазоне 2-22 ГГц и ростом к высоким частотам. В повторной мощной вспышке 26 июня потоки выросли от 0.1 Ян до почти 4 Ян за одни сутки. Причем в максимуме радиоспектр объекта носил характер оптически тонкого синхротронного источника на высоких частотах (спектральный индекс $\alpha = -0.3$) и оптически толстого источника на частотах ниже 4 ГГц, причем спектральный индекс был равен $\alpha = -2.5$, что характерно для синхротронного самопоглощения. Вероятно это явление связано с появлением струйного выброса. Через сутки источник стал оптически тонким с более крутым спектром ($\alpha = -0.8$). К 8 июля 2015 года активность источника закончилась и потоки опустились ниже порога обнаружения. Многие наземные и космические телескопы провели специальные ТоО программы в ходе этой вспышки. Мы обсуждаем новые и прежние (1989г.) результаты исследований этого объекта и похожие вспышки в микроквазарах.

Сергей Николаевич Фабрика (САО РАН)

Ультраяркие рентгеновские источники как сверхкритические аккреционные диски

// С. Н. Фабрика

Природа ультраярких рентгеновских источников (*ULX*) во внешних галактиках, чьи рентгеновские светимости в сотни и тысячи раз превышают светимости черных дыр в двойных системах, пока не ясна. Из рентгеновских данных следует, что их аккреционные диски нестандартны. Известно также, что это очень молодые объекты, предшественники *ULX* имеют массы более 50 солнечных. Однако, самые надежные свидетельства дает оптическая спектроскопия. Оптические спектры *ULX* подобны спектру *SS433* - единственному известному сверхкритическому аккретору Галактики.

Алексей Витальевич Финогенов (Хельсинкский университет)

Рентгеновские скопления обзора CODEX

// А. В. Финогенов

В докладе будет представлен обзор 7 тысяч рентгеновских скоплений *CODEX* найденных в полях *SDSS*, путём идентификации слабых источников *POCATa*. Данный обзор является прямым предшественником обзора *eROSITA* и позволил накопить информацию о красных смещениях, оптических свойств скоплений, а также эффекта СЗ.

Ильдар Инзилович Хабибуллин (ИКИ РАН)

Спектральная модель теплового рентгеновского излучения барионных джетов

// И. И. Хабибуллин, П. С. Медведев, С. Ю. Сазонов

Произведен расчет и представлена общедоступная (<http://hea133.iki.rssi.ru/public/bjet/>) спектральная модель теплового рентгеновского излучения барионного джета, основанная на свойствах хорошо изученного Галактического микроквазара *SS 433*, для широкого диапазона параметров, характеризующих джет, которые могут иметь место в тесных двойных системах. Излучение джета находится путем суммирования вкладов тонких слоев приблизительно постоянной температуры, при этом температурный профиль находится самосогласованно с учетом охлаждения за счет адиабатического расширения и потерь на излучение. Поскольку модель предсказывает не только форму, но и светимость излучения, ее нормировка не является свободным параметром, если расстояние до источника известно достаточно точно. Данная модель может быть использована не только для первоначального анализа данных рентгеновской спектроскопии высокого разрешения *SS 433*, но также и для поиска компонент, связанных с излучением барионных джетов, в спектрах Галактических рентгеновских двойных (например, *4U 1630-47*), ультраярких рентгеновских источников (например, *Holmberg II X-1*), а также возможного аналога *SS 433* в галактике *NGC 7793 (S26)*.

Георгий Андреевич Хорунжев (ИКИ РАН)

Каталог кандидатов в квазары на $z > 3$ среди рентгеновских источников обсерватории XMM-Newton

// Г. А. Хорунжев, С. Ю. Сазонов, Р. А. Буренин

Среди источников рентгеновского обзора 3XMM-DR4 мы провели поиск кандидатов в квазары на $z > 3$, используя фотометрию оптического обзора *SDSS* и инфракрасных обзоров всего неба *2MASS* и *WISE*. Для отбора кандидатов мы использовали фотометрические оценки красного смещения. Был составлен каталог кандидатов со звездной величиной в фильтре $i < 21.5$. Потенциально, наш каталог может расширить выборку известных квазаров на $z > 3$ в 1.5 раза.

Сергей Сергеевич Цыганков (Обсерватория Туорла)

Эффект пропеллера в ультраярком рентгеновском источнике M82 X-2

// С. С. Цыганков

В работе представлены независимые свидетельства наличия сверхсильного магнитного поля у аккрецирующей нейтронной звезды в двойной системе - первого пульсирующего сверхяркого рентгеновского источника *X-2* в галактике *M82*.

Используя данные обсерватории *Chandra*, мы показали, что распределение потоков от данного источника является бимодальным с соотношением между пиками около 40. Данное поведение было интерпретировано нами как переключение источника между режимом аккреции на поверхность *НЗ* и режимом пропеллера. Действие режима пропеллера в рентгеновском пульсаре с периодом 1.37 с и светимостью около 10^{40} эрг/с предполагает напряженность дипольной компоненты магнитного поля *НЗ* порядка 10^{14} Гаусс. Таким образом данный факт говорит о том, что *M82 X-2* является первым подтвержденным аккрецирующим магнетаром.

Анатолий Михайлович Черепашук (ГАИШ МГУ)

Массы оптических звёзд в рентгеновских двойных системах: учёт эффектов взаимной близости компонент

// А. М. Черепашук, Э. А. Антохина, В. С. Петров.

Согласно теории эволюции маломассивных рентгеновских двойных систем, масса оптической звезды должна быть не менее 1 массы Солнца, чтобы разбросать общую оболочку и обнажить двойную систему. Однако оценки масс оптических звёзд в наблюдаемых маломассивных рентгеновских двойных системах дают среднее значение массы в 0.6 массы Солнца. Эти оценки получены в упрощающем предположении, что оптическая звезда является сферой, объём которой равен объёму соответствующей полости Роша. В надежде получить лучшее согласие теории эволюции с наблюдениями, мы выполнили оценки масс оптических звёзд в рамках более реалистичной модели, когда звезда приливно деформирована и прогрета рентгеновским излучением компактного объекта. В результате мы получили для среднего значения массы оптической звезды величину $0.4 \sim 0.5$ массы Солнца, то есть противоречие между теорией эволюции и наблюдениями усилилось. Обсуждаются возможные объяснения этого противоречия. В частности, рассматривается модель, в которой оптическая звезда после стадии с общей оболочкой теряет в виде звёздного ветра из-за сильного рентгеновского нагрева значительную долю своей массы.

Дмитрий Олегович Чернышов (ФИАН)

Взаимодействие космических лучей с молекулярными облаками в центре Галактики

// Д. О. Чернышов

На основании экспериментальных данных по гамма- и рентгеновскому излучению, а также по темпу ионизации молекулярного водорода мы восстанавливаем спектр космических лучей в галактическом центре. Основным результатом является тот факт, что данный спектр должен содержать как минимум две различные компоненты: релятивистскую и суб-релятивистскую. Энергетическая плотность релятивистской компоненты в 1-3 раза выше, чем в окрестности Земли,

что неплохо согласуется с диффузионной моделью распространения космических лучей. Суб-релятивистская компонента обладает энергетической плотностью в 50 раз большей. Эти две компоненты не образуют единый спектр и поэтому должны иметь существенно разную природу. Кроме того, суб-релятивистская компонента должна обеспечивать излучение из гигантских молекулярных облаков в линии нейтрального железа достаточно большой интенсивности, сравнимой с наблюдаемой в настоящий момент, но, в отличие от последней, не меняющейся со временем. Экспериментальное обнаружение стационарного излучения в линии нейтрального железа может подтвердить наличие суб-релятивистской компоненты.

Николай Иванович Шакура (ГАИШ МГУ)

Вязко-конвективная неустойчивость в тонких кеплеровских аккреционных дисках

// Н. И. Шакура, К. А. Постнов, К. Л. Маланчев

Используя квазиупругое (*anelastic*) приближение уравнений гидродинамики, исследуется динамика аксиально-симметричных малых возмущений в сдвиговых кеплеровских течениях (тонких аккреционных дисках) с политропной вертикальной структурой с учетом микроскопических коэффициентов вязкости и теплопроводности в полностью ионизованном газе. Численно решается краевая задача для малых возмущений давления, которые описываются обыкновенным дифференциальным уравнением второго порядка. Показано, что в широком диапазоне микроскопических параметров (длины свободного пробега частиц и числа Прандтля, характеризующего влияние теплопроводности) в ламинарных кеплеровских течениях возможно появление неустойчивости, связанной с вязким нагревом в сдвиговом течении с вертикальным градиентом силы тяжести. Неустойчивость появляется при числе Прандтля выше некоторого порогового значения (порядка 0.1). Инкремент неустойчивости порядка кеплеровской частоты. Неустойчивость может инициировать турбулентность в дисках даже в отсутствии динамически значимого магнитного поля.

Владислав Владимирович Шиманский (Казанский
(Приволжский) федеральный университет)

Двойные системы с жестким УФ-излучением

// В. В. Шиманский

Представлены результаты анализа 10 предкатаклизмических переменных типа *BE UMa* - ТДС с компактными источниками жесткого УФ-излучения. Работа основана на фотометрических и спектроскопических наблюдениях в 1998-2014 гг. на телескопах БТА, Цейсс-1000, РТТ-150 и численном моделировании излучения

компонент ТДС с эффектами облучения, несферичности и не-ЛТР. Показано корректное описание наблюдательных данных для всех систем с построением их моделей и нахождением наборов параметров. Параметры главных компонент соответствуют прогнозам эволюции экстремально горячих *sdO*-субкарликов и белых карликов. Все вторичные компоненты обладают избытком светимости, обусловленным взаимодействием звезд на стадии общей оболочки.

Пётр Сергеевич Штернин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Модифицированные Урка-процессы в ядрах нейтронных звёзд

// П. С. Штернин¹, М. Baldo²

¹ФТИ им. Иоффе РАН, ²INFN Sez. di Catania

Мы вычислили мощность нейтринного излучения при модифицированных Урка-процессах в ядрах нейтронных звёзд с нуклонным составом, принимая во внимание влияние многочастичных эффектов на ядерное взаимодействие. Ядерное взаимодействие описывается с помощью *G*-матрицы, вычисленной в подходе Бракнера-Хартри-Фока с непрерывным одночастичным потенциалом. Используется полный потенциал *Argonne v18* с трехчастичными силами в модели *Urbana IX*. Мы показали, что эффекты среды существенно изменяют мощность нейтринного излучения. Более того, она заметно возрастает при приближении к порогу открытия прямого Урка процесса. Обсуждается влияние полученных результатов на расчёты остывания нейтронных звёзд.

Юрий Андреевич Щекинов (МГУ физический факультет)

Высокоскоростные молекулярные истечения из областей звездообразования в центрах галактик

// Ю. А. Щекинов¹, Arpita Roy, Biman Nath² & Prateek Sharma³

¹МГУ физический факультет, ²Raman Research Institute, Bangalore, ³Indian Institute of Science, Bangalore

Наблюдения показывают наличие большого количества молекулярного газа движущихся с большими скоростями (от 40 до 100 км/с) из ядерных областей галактик со вспышками звездообразования. Их происхождение неясно, особенно, если принять во внимание, что молекулярный газ быстро разрушается за фронтами ударных волн. Мы обсуждаем особенности ускорения таких облаков коллективной ударной волной от массивной ОВ ассоциации в центре галактики. Сравнением с известными молекулярными течениями в ядерных областях близких галактик со вспышками получаем ограничения на ключевые параметры этого сценария.

Дмитрий Георгиевич Яковлев (ФТИ им. Иоффе РАН)

Нейтринная физика нейтронных звезд

// Д. Г. Яковлев

Рассмотрено влияние нейтринных процессов на эволюцию и наблюдательные проявления нейтронных звезд. Кратко описаны основные процессы генерации нейтрино в коре и ядре нейтронной звезды, включая прямой и модифицированный урка-процессы, тормозное излучение нейтринных пар, нейтринное излучение при куперовском спаривании нуклонов, распад плазмона, аннигиляция электронно-позитронных пар. Проанализирована зависимость этих процессов от состава сверхплотного вещества нейтронных звезд, от сверхтекучести нуклонов и магнитного поля внутри звезд. Рассмотрены нейтринные процессы в состоянии бета-равновесия, способные вызывать мощное охлаждение нагретых звезд, и при отклонениях от бета-равновесия, способные сильно подогреть звезду и возвращать ее в равновесное состояние. Описаны наблюдательные проявления нейтронных звезд, в которых нейтринные процессы играют решающую роль. К ним относятся: остывание изолированных нейтронных звезд и аккрецирующих звезд в рентгеновских транзиентах, тепловое излучение старых нейтронных звезд, тепловое состояние магнитаров, рентгеновские вспышки и сверхвспышки в поверхностных слоях звезд.

Стендовые доклады

Айк Левонович Акопян (МФТИ)

К среднему профилю радиопульсаров: новые эффекты и анализ индивидуальных пульсаров

// А. Л. Акопян

В течение почти пятидесяти лет после открытия радиопульсаров в 1967 году было достигнуто заметное продвижение в понимании структуры магнитосферы нейтронных звезд и природы их активности. Однако, как когерентный механизм радиоизлучения, так и многие особенности распространения волн в магнитосфере пульсара до сих пор остаются невыясненными.

Данная работа является третьей по счету, посвященной формированию средних профилей радиоимпульсов. В первой работе было показано, как по поляризационным свойствам можно определить, какая из двух ортогональных мод, обыкновенная или необыкновенная, ответственна за наблюдаемый профиль, а также был предложен метод численного моделирования, позволяющий получать поляризационные кривые пульсаров с различными параметрами. Во второй работе рассмотрена статистика пульсаров из различных каталогов и показано, что предсказания теории находятся в отличном согласии с наблюдениями.

В этой работе мы расширили возможности численного метода по определению поляризационных характеристик средних профилей (были учтены влияние продольного электрического тока на структуру магнитного поля в окрестности светового цилиндра и асимметрия север-юг в плотности истекающей плазмы), что позволило сделать еще несколько шагов к пониманию свойств радиоизлучения пульсаров. Во-первых, было показано, как развитый нами метод может быть применен для оценки угла наклона магнитной оси к оси вращения для интеримпульсных пульсаров, для которых до сих пор неизвестно, является ли угол близким к 0 или 90 градусов. С другой стороны, был уточнен угол наклона для пульсара *PSR B0943+10*, и было показано, что этот угол должен быть близок к 30 градусам (согласно работе Backus, Mitra, Rankin (2010) - к 15 градусам). Тем самым, снимается вопрос о полной модуляции рентгеновского излучения от нагретых полярных шапок.

Та же программа была применена и для анализа роли магнитного поля, связанного с продольным электрическим током. Было показано, что изменение знака круговой поляризации действительно можно объяснить наличием сильного асимметричного тока, который связан с асимметричной компонентой плотности тока, предсказанной МГД-моделированием.

Следующий важный вопрос связан с зависимостью ширины радиоимпульса от частоты. Данные, полученные в самое последнее время на обсерватории

LOFAR показал, что статистически показатель степени близок к $0.0 - 0.2$, что уже находится в хорошем согласии с предсказанием теории. Однако, в работе Pilia et al. (2015) не делалось различия между необыкновенной и обыкновенной модами, для которых показатель степени должен быть разным. Мы же показали, что для пульсаров, у которых средний импульс заведомо определяется обыкновенной модой, показатель степени имеет значительно меньший статистический разброс, причем максимум распределения близок к предсказанной величине 0.14 .

Далее, было показано, что у пульсаров с двугорбым средним профилем, благодаря заметному понижению плотности плазмы в районе магнитных полюсов, в зависимости позиционного угла линейной поляризации от фазы импульса должна возникать особенность (которая действительно наблюдается). Наконец, была изучена возможность определения размера области излучения из данных по ширине кривой позиционного угла для одnogорбых и двугорбых пульсаров.

Лев Игоревич Арзамасский (Принстонский университет)

3D-взаимодействие диска со спутником звезды

// Л. И. Арзамасский

Взаимодействие диска со спутником звезды (например, взаимодействие диска и планеты в протопланетном диске) существенно влияет как на движение планеты, так и на эволюцию диска. Большинство работ, посвященных данной проблеме, рассматривают взаимодействие спутника с бесконечно тонким, двумерным диском. В нашей работе, мы представляем результаты численного моделирования взаимодействия планеты с трехмерным диском. В случае компланарной орбиты, момент сил, действующих на планету, существенно отличается от двумерного случая, приводя к значительному изменению темпа миграции. Если же орбита спутника не лежит в плоскости диска, происходит искривление диска, которое может объяснить результаты наблюдений дисков в двойных системах.

Дмитрий Алексеевич Бадьин (ГАИШ МГУ)

Физические и численные неустойчивости в расчётах радиативных ударных волн при взрывах сверхновых

// Д. А. Бадьин

Представлены результаты численных экспериментов по моделированию радиативных ударных волн и их тонких плотных оболочек с помощью разных методик в различных физических и расчётных постановках. Обнаружено, что при определённых физических условиях оболочка криволинейной формы подвержена сильной изгибной неустойчивости и последующей фрагментации вскоре после своего формирования при моделировании на декартовых сетках, в то время как на полярных сетках распространяется практически без возмущений. Такое поведение интерпретируется как взаимодействие численных возмущений формы

слоя, вносимых неколлинеарными линиям тока сетками, и физических неустойчивостей Рихтмайера-Мешкова и Вишняка, имеющих место при схлопывании вещества за фронтом ударной волны в плотный слой. Это может скорректировать современные представления о динамике радиативных плотных оболочек в остатках сверхновых, в частности о времени и механизмах их фрагментации, а также ставит новые требования физической корректности к методикам дальнейшего моделирования

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

Влияние мелкомасштабного магнитного поля и образования позитрониев на нагрев полярных шапок старых радиопульсаров

// А. И. Цыган, Д. П. Барсуков

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 связанные пары фотоионизируются тепловыми фотонами с полярной шапки.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 13-02-00112) и Гранта Президента РФ по поддержке ВНИИР (НШ 294.2014.2).

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

Влияние мелкомасштабного поля на эволюцию угла наклона в рамках 3-х компонентной модели нейтронной звезды

// А. И. Цыган, Д. П. Барсуков, К. Ю. Краав, А. Н. Юркин

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 припингованную сверхтекучую жидкость. Рассматривается только случай, когда кора является двухосным эллипсоидом вращения, ось симметрии которого совпадает с направлением магнитного дипольного момента. Показано, что случай с малым количеством припингованной сверхтекучей жидкости лучше согласуется с наблюдениями.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 13-02-00112) и Гранта Президента РФ по поддержке ВНИИР (НШ 294.2014.2).

Станислава Дмитриевна Булига (ГАО РАН)

Прямая связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона для аккреционного диска в активных ядрах галактик // М. Ю. Пиотрович, С. Д. Булига, Ю. Н. Гнедин, А. Г. Михайлов, Т. М. Нацвлишвили, Н. А. Силантьев

Представлено соотношение, которое определяет связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона, т.е. отношением между болометрической и эддингтоновской светимостями для аккреционного диска в активных ядрах галактик. Полученное соотношение зависит также от отношения между величинами давления магнитного поля и потока аккрецирующего вещества на радиусе горизонта событий черной дыры. В случае равенства давлений магнитного поля и аккрецирующего вещества устанавливается прямая связь между спином черной дыры и фактором Эддингтона. На основе имеющихся данных о болометрической светимости и массе черной дыры можно определить величину спина черной дыры. Для ряда активных ядер галактик представлены значения спинов центральных массивных черных дыр. Представленный нами метод позволяет определить величину отношения между давлениями магнитного поля и аккреционного газа на горизонте событий черной дыры для активных ядер галактик, у которых надежно определено значение спина черной дыры.

Марина Сергеевна Бутузова (Крымская Астрофизическая
Обсерватория)

Рентгеновское излучение килопарсековых джетов квазаров как тест их скорости и направления
// М. С. Бутузова

Рентгеновское излучение килопарсековых (кпк-) джетов квазаров с доминирующими ядрами (выборка I) часто интерпретируется обратным комптоновским рассеянием фотонов реликтового фона [1]. При этом, для выполнения условия равнораспределения, ультрарелятивистская скорость и направленность под малым углом θ к лучу зрения (10°) парсековых (пк) джетов распространяются на кпк-масштабы, что увеличивает интенсивность рентгеновского излучения до необходимого для обнаружения уровня. Можно предположить, что кпк-джеты квазаров подобные по протяженности и плотности потока в радиодиапазоне, но не детектируемые в рентгеновском (выборка II) имеют субрелятивистскую скорость и больший θ . Это является результатом замедления и/или изгиба, происходящего между пк- и кпк-масштабами. Поэтому ожидается различие в распределении разницы позиционных углов парсековых (пк) и кпк-джетов двух выборок, что не подтверждается статистическим анализом. Более того, в большинстве рассматриваемых источников происходит изгиб, величина которого примерно в полтора раза меньше угла пк-джета с лучом зрения. Следовательно, значения θ могут быть существенно больше 10° , например, $30\text{--}35^\circ$ получено в результате двух независимых оценок для джета квазара 3C 273 [2, 3]. Также в джете могут

действовать другие механизмы образования рентгеновского излучения. Не исключено, что джеты от ПК- до кпк-масштабов могут не являться непрерывным потоком вещества.

Литература

1. F. Tavecchio, L. Maraschi, R. M. Sambruna, and C. M. Urry, Ap.J. 544, L23, 2000.
2. J. E. Conway, D. W. Murphy, Astrophys. J. 411, 89, 1993.
3. M.S. Mikhailova, E.Yu. Bannikova and V.M. Kontorovich, Astronomy Reports 54, 481, 2010.

Марина Сергеевна Бутузова (Крымская Астрофизическая
Обсерватория)

Интерпретация наблюдаемых свойств блазара S5 0716+714 хеликоидальной структурой его парсекового джета

// М. С. Бутузова

Блазар S5 0716+714 является одним из наиболее интенсивно исследуемых объектов благодаря своей сильной переменности во всех спектральных диапазонах. Наряду с быстрыми вспышками, длящимися от нескольких часов до нескольких дней, прослеживаются периоды переменности примерно 5.5 лет в радио- и 3 года в оптическом диапазонах [1]. В изменениях позиционного угла ближайшей к ядру детали парсекового джета РА выявлен 12-летний период [2]. К тому же, отмечается чередование периодов положительной и отрицательной корреляции между РА и наблюдаемым потоком в гамма-диапазоне. Все перечисленные свойства интерпретируются и связываются между собой предположением о хеликоидальной структуре парсекового джета.

Литература

1. B. Rani, T.P. Krichbaum, A.P. Marscher et al. A&A 571, L2, 2014.
2. M.L. Lister et al. AJ 146, 120, 2013.
3. C.M. Raiteri, M. Villata, G. Tosti et al., A&A. 402, 151, 2003.

Александр Сергеевич Винокуров (САО РАН)

Оптическая спектроскопия ультраярких рентгеновских источников на БТА

// А. С. Винокуров

Мы представляем результаты оптической спектроскопии оптических компонентов ультраярких рентгеновских источников (*ULXs*) на БТА, результаты их фотометрии на космическом телескопе им. Хаббла и распределения энергии в рентгеновском диапазоне. Нами были отождествлены *ULXs* в галактиках *NGC5474* и *M66*. Получены оптические спектры транзитного *ULX* в галактике *UGC6456*, а также *NGC4395 X-1*. В спектрах оптических двойников *ULX* обнаружены широкие эмиссионные линии H_{α} и $HeII$ 4686Å. Все изученные в оптике *ULXs* имеют отношение рентгеновской к оптической светимости от 100 до 10000.

Илья Николаевич Витка (МФТИ)

Моделирование столкновений шарового звездного скопления с массивными объектами с применением полуаналитической двутельной регуляризации в задаче N тел

// И. Н. Витка¹, К. В. Лежнин¹, С. В. Соловьев¹, С. А. Чернягин¹

¹МФТИ

Решение задачи многих тел в создаваемом ими гравитационном поле имеет большое значение для астрофизических приложений. Именно задача многих тел является основополагающей при решении различных задач звездной динамики, динамики и эволюции звездных скоплений, галактик и галактических скоплений. Как известно, задача многих тел не имеет точного решения, если число тел превышает 2. Рост числа тел ведет к существенному увеличению требований к вычислительным ресурсам. Известно множество подходов к решению задачи многих тел: прямое интегрирование дифференциальных уравнений движения, решение уравнения Больцмана методом Монте-Карло, Фоккер-Планковское моделирование и т. д. В рамках первого метода одной из характерных проблем является моделирование близких прохождений тел с возможностью образования гравитационно-связных кратных систем. Метод преодоления вычислительных трудностей, связанных с моделированием близких прохождений и образованием тесных пар, рассматривается в данной работе. В рассмотренном подходе к решению гравитационной задачи N тел для столкновительных систем использовался метод прямого решения системы дифференциальных уравнений методом Эрмита вкупе с двухслойной схемой Амада-Коэна. Временной шаг интегрирования при таком подходе обычно вычисляют по эмпирической формуле С. Арсетта. Особое внимание в моделировании столкновительной динамики уделяется регуляризации близких прохождений. Для решения данной проблемы часто используют т.н. KS-регуляризацию, устраняющую особенность в уравнениях движения. Авторами предлагается иной подход для обработки близких прохождений - метод основанный на переходе к переменным действия для Ньютоновой задачи двух тел. С применением предложенного метода в настоящей работе производится численное моделирование столкновений шаровых скоплений с точечными массивными объектами (черными дырами) средних масс в 1000-10000 масс солнца. В результате проведенного моделирования выявлены и качественно рассмотрены эффекты происходящие при таких столкновениях, такие как эффект отдачи при столкновении одиночного массивного объекта со скоплением и разрушение скопления при столкновении с тесной парой массивных объектов. Одновременно с этим проверялась эффективность предложенного метода интегрирования в применении к объектам с сильным различием масс. Предложенный метод подтвердил свою эффективность и точность интегрирования для любых масс объектов и их соотношений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках проекта №15-02-03063

Владимир Сергеевич Воробьев (ИКИ РАН)

Дополнительные спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из первого каталога обзора обсерватории им. Планка

// В. С. Воробьев

Представлены результаты спектроскопических измерений красных смещений скоплений галактик из первого каталога скоплений обзора всего неба обсерватории им. Планка, которые, в основном, были отождествлены по данным оптических наблюдений, выполненных ранее нашей группой (Planck Intermediate Results, XXVI, arXiv:1407.6663). Приводятся данные по 13-ти скоплениям галактик, расположенных на красных смещениях от $z \approx 0.2$ до $z \approx 0.8$, включая уточненное отождествление и измерение красного смещения для скопления PSZ1 G141.73+14.22, расположенного на $z = 0.828$. Измерения выполнены по данным 1,5-м Российско-Турецкого телескопа (РТТ-150), 2,2-м телескопа обсерватории Калар-Альто, а также по данным 6-м телескопа САО РАН (Большой телескоп азимутальный, БТА).

Аркадий Моисеевич Гальпер (НИЯУ МИФИ)

ГАММА-400: следующий шаг в астрофизике высоких энергий

// А. М. Гальпер

В докладе от имени коллаборации представлены ожидаемые научные результаты проекта ГАММА-400 в области определения природы темной материи, источников гамма-излучения высокой энергии и космических лучей.

Михаил Алексеевич Гарасёв (ИПФ РАН)

Пространственная структура области генерации магнитного поля в ударных волнах

// М. А. Гарасёв

Представлены результаты численного моделирования развития вейбелевской неустойчивости в области перед фронтом ударной волны методом частиц в ячейках. Выяснена зависимость величины и пространственного масштаба поля насыщения от толщины ударной волны. Исследована зависимость скорости затухания магнитного поля от параметров ударной волны. Обсуждается связь полученных результатов с релятивистскими ударными волнами, возникающими на этапе послесвечения гамма-всплесков.

Сергей Валерьевич Герасимов (МГУ ВМК)

Обработка больших объемов данных сырых астрономических изображений современных небесных обзоров с помощью модели вычислений MapReduce

// С. В. Герасимов¹, А. В. Мещеряков², И. Ю. Колосов¹, Е. С. Готов¹, И. С. Попов¹

¹МГУ ВМК, ²ИКИ РАН

Экспоненциальный рост объемов данных в современных и будущих фотометрических обзорах неба в оптическом диапазоне (таких как *SDSS*, *DES*, *PanSTARRS*, *LSST*) открывает перед астрофизиками новые горизонты исследований, однако требует применения новых подходов для их обработки и анализа, а именно технологий больших данных и облачных вычислений. В данной работе реализован астрономический конвейер (англ. *pipeline*) обработки изображений включающий в себя суммирование изображений и создание фотометрического каталога. Элементы конвейера, - популярные астрономические утилиты *SWarp*, *SExtractor* и *PSFEx* интегрированы в общую систему обработки построенную на модели вычислений *Hadoop MapReduce*. В докладе оценивается масштабируемость предложенного решения массовой обработки астрономических изображений на объеме данных 1-1000Gb из фотометрического обзора неба *SDSS* (Stripe 82).

Работа поддержана грантом РФФИ 15-29-07085

Пётр Евгеньевич Гладилин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Галактические Пэватроны и тонкая структура спектра космических лучей

// П. Е. Гладилин

Современные наблюдательные данные, полученные обсерваториями *Tunka-25*, *KASCADE-Grande*, *Tibet-III*, *GAMMA*, *Tunka-133* and *Ice-Top-73* говорят о том, что спектр галактических космических лучей имеет тонкую структуру на фоне общего степенного закона в диапазоне $10^{15} - 10^{17}$ эВ. Одним из наиболее вероятных объяснений такого поведения спектра является вклад от нескольких мощных одиночных источников - Галактических Пэватронов.

В работе проведён подробный анализ тонкой структуры спектра космических лучей в диапазоне $10^{15} - 10^{17}$ эВ, а также сделан расчёт потока космических лучей от эффективных ускорителей частиц, связанных с системами сходящихся ударных волн. Результаты расчётов позволяют сделать вывод о том, что в рамках «модели одиночного источника» такие системы могут вносить существенный вклад в интегральный спектр космических лучей на энергиях свыше 10^{15} эВ на расстояниях < 1.5 кпк от Земли и быть потенциально ответственными за тонкую структуру спектра в данном диапазоне энергий.

Валентина Владимировна Глазкова (МГУ ВМК)

Измерение распределения вероятности $P(z)$ при оценке фотометрического красного смещения галактик на основе метода случайного леса решений с квантилями

// В. В. Глазкова¹, С. В. Герасимов¹, А. В. Мещеряков²

¹МГУ ВМК, ²ИКИ РАН

Совершенствование методов измерения красных смещений (photo-z) внегалактических объектов на основе данных фотометрических обзоров неба имеет большое значение для задач наблюдательной космологии и эволюции галактик. Современные требования к алгоритмам photo-z использующимся при измерении эффектов слабого линзирования и БАО в крупномасштабной структуре галактик предполагают прогнозирование для каждой целевой галактики распределения плотности вероятности $P(z)$ по красному смещению. Эмпирические методы машинного обучения в настоящее время широко применяются для измерения photo-z галактик. Сравнительный анализ существующих алгоритмов машинного обучения показал что одним из наиболее точных методов регрессии для прогнозирования красных смещений на основе признаков широкополосной фотометрии объектов из обзоров неба является метод случайного леса решений (RFDT, англ. *Random Forest Decision Trees*). В настоящей работе представлена модификация алгоритма RDFT, - метод случайного леса решений с квантилями, которая позволяет измерять $P(z)$ для всех галактик целевой выборки. Предложенный метод позволяет оценивать вероятность прогнозируемых значений фотометрических красных смещений на основе объединения результатов, выданных отдельными классификаторами алгоритма RDFT, на их основе строить распределение условных вероятностей для целевой переменной (z) и оценивать вероятность прогнозируемого значения по соответствующим квантилям распределения. В докладе обсуждается, как прогнозируемая форма $P(z)$ галактики связана с надежностью измерения photo-z. Точность предложенного метода исследовалась на тестовых выборках галактик из спектроскопических обзоров *SDSS*, *GAMA*, *PRIMUS* и *DEEP2*.

Работа поддержана грантом РФФИ 14-22-03111.

Олег Анзорович Гогличидзе (ФТИ им. Иоффе РАН)

Эволюция прецессии нейтронных звёзд с учётом диссипации энергии в ядре

// О. А. Гогличидзе, Д. П. Барсуков, А. И. Цыган.

Исследуется совместное влияние электромагнитного момента сил, приложенного к звезде, и внутренней диссипации энергии на прецессию радиопульсаров. Рассматриваются различные механизмы внутренней диссипации, в том числе трение вихревых нитей сверхтекучих нейтронов о заряженную компоненту ядра.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 13-02-00112) и Гранта Президента РФ по поддержке ВНИИР (НШ 294.2014.2). Работа О. Гогличидзе также частично поддержана фондом «Династия»

Владимир Михайлович Губченко (ИПФ РАН)

О кинетическом описании 3D магнитосфероподобных структур в расширяющихся горячих плазменных коронах над магнитоактивными областями

// В. М. Губченко

Магнитосфероподобные структуры (МПС) – это универсальные крупномасштабные объекты плазменной астрофизики, солнечно-земной физики и физики высоких плотностей энергии (см. <http://www.vniitf.ru/images/zst/2012/s3/3-13.pdf>). МПС образованы квазистационарными и нестационарными высокоскоростными (в том числе релятивистскими) разлетами плазмы, которые медленные относительно тепловых скоростей электронов, но при этом и быстрые, достигая сверхзвуковых скоростей. Разлеты при формировании МПС сопровождаются электромагнитными (э.м.) явлениями в виде корональных выбросов массы (КВМ). Короны, как ансамбль 3D МПС, являются диссипативными объектами электромагнитной природы, 3D структурированы ближними, возбуждаемыми индукционно магнитными полями в результате процессов стационарного и нестационарного магнитного пересоединения, происходящими над магнитоактивными областями. В широком диапазоне масштабов в короне МПС наблюдаются как вытянутые лучи в виде отдельных невзаимодействующих стримеров, окруженные высокоскоростным потоком. Либо наблюдается пояс взаимодействующих стримеров, сопряженный с токовым диском и низкоскоростным потоком в нём. Как правило, описание МПС развивается в рамках 2D МГД приближения, предполагающего локальность материальных связей, присущих режимам рассмотрения относительно холодной плазмы при малой частоте столкновений. Здесь обычно отсутствует дисперсия, а масштабирование э.м. структур короны проявляется на предельно малых «холодных» э.м. ионных инерционных МГД масштабах. Мы обращаем здесь внимание, что короны бесстолкновительны и существуют во взаимосвязанных условиях сильной разреженности при высокой температуре (в том числе ультрарелятивистской), что требует развития кинетического описания на основе уравнений Власова и Максвелла. В таком описании плазма короны представляется медленным относительно тепловых скоростей потоком горячей бесстолкновительной плазмы, где электромагнитные материальные связи перестают быть локальными. Поток характеризуется формами функций распределения частиц по скоростям (ФРЧ). В кинетическом описании особенности горячей короны обусловлены возможностью изучения возбуждения в данной точке диамагнитной и резистивной компонент плотности индукционного тока. В кинетическом описании размеры структур выражаются через большие (по отношению к масштабам МГД) особые э.м. масштабы пространственной дисперсии кинетической природы, которые характеризуют нелокальность материальных связей в короне и которые отсутствуют в МГД описании. Масштабы выражаются через форму ФРЧ поступательно движущейся плазмы и возникают при изучении свойств потока в условиях возбуждения э.м. полей внутри «черенковской линии резонансного поглощения». К индуцированным движением э.м. масштабам относятся диамагнитный масштаб и масштаб аномального скин-слоя. Поток кулоновски невзаимодействующих частиц с заданной формой ФРЧ может э.м. проявить себя как движущаяся «металлоподобная» среда с некоторой эффективной прово-

димостью или как «диэлектрическая» среда с магнитной проницаемостью. Эти свойства определяются величиной безразмерного параметра э.м. «добротности» потока G . Э.м. параметр G вычисляется с учетом формы ФРЧ и не связан с определением числа Маха M потока, описывающего его сжимаемость. Представлены три задачи, соответствующие предельным значениям величин добротности потока G : 3D структура отдельного стримера и его топологическая перестройка; 2D структура пояса взаимодействующих корональных стримеров в гелиосферном диске; импульсная электродинамика 1D слоя токнесущей плазмы, самосогласованная с токами ускоряемых частиц.

Работа поддержана частично РФФИ и Правительством Нижегородской области - проект №15-42-02567 p_поволжье_a, РФФИ - проект №14-02-00133, Программой №9 Президиума РАН, Ведущей научной школой (проект НШ №1041.2014.2) и Министерством образования и науки РФ (контракт №14.Z50.31.0007).

Литература

1. V. M. Gubchenko Kinetic Description of the 3D Electromagnetic Structures Formation in Flows of Expanding Plasma Coronas. Part 1: General Vol. 55, No. 7, 2015, 831-845
2. V. M. Gubchenko Kinetic Approach to the Formation of 3D Electromagnetic Structures in Flows of Expanding Plasma Coronas. II. Flow Anisotropy Parameters Vol. 55, No. 8, 2015, 1009-1025

Нина Валерьевна Гусинская (СПбГУ)

Исследование радио и рентгеновского потоков от мало-массивной двойной системы с аккрецирующей нейтронной звездой 1RXS J180408.9-342058

// Н. В. Гусинская

Системы с аккрецирующими нейтронными звездами предоставляют возможность изучать взаимодействие аккреционного потока с сильным магнитным полем. Через одновременные радио и рентгеновские наблюдения, мы можем исследовать связь диска с джетом и природу аккреционного режима. Однако, из-за того, что типичное радио излучение этих систем очень слабое, лишь немногие из них были изучены с помощью одновременных наблюдений в радио и рентгене. В данной работе мы провели квази- одновременные наблюдения аккрецирующей нейтронной звезды 1RXS J180408.9-342058, используя радио-интерферометр VLA и рентгеновский спутник Swift. 1RXS J180408.9-342058 – это недавно открытая мало- массивная рентгеновская двойная система с нейтронной звездой, вспышка которой наблюдалась всего два раза. Мы представили первое обнаружение этого источника в радио диапазоне, которое, в сочетании с рентгеновскими данными позволило нам получить отношение L_R/L_X и сравнить его с уже известными отношениями в других похожих системах. Наша конечная цель – понять, почему с одной стороны одинаковые рентгеновские двойные системы с нейтронными звездами могут демонстрировать значительные различия в их аккреционных режимах.

Андрей Андреевич Даниленко (ФТИ им. Иоффе РАН)

Еще одна нейтронная звезда с углеродной атмосферой

// А. А. Даниленко

Мы показали, что спектр рентгеновского излучения центрального компактного объекта в остатке сверхновой *Vela Jr* согласуется с тепловым излучением от нейтронной звезды, покрытой углеродной атмосферой, с эффективной температурой поверхности $1.3E6K$. Альтернативное описание спектра моделью излучения абсолютно черного тела трудно согласовать с низкой долей пульсирующего излучения, $<3\%$, что говорит о том, что мы видим излучение большей части остывающей поверхности нейтронной звезды. В этом случае нейтронная звезда должна находиться на расстоянии 2-3 кпк, в соответствии с эмпирической зависимостью поглощение– расстояние в направлении на нейтронную звезду и результатами гидродинамических расчетов эволюции остатка сверхновой. Помимо нейтронной звезды в остатке сверхновой *Vela Jr*, еще две нейтронных звезды вероятно покрыты углеродной атмосферой – это центральные компактные объекты в остатках сверхновых *Кассиопея А* и *HESS J1731-347*. По всей видимости, существует отдельный класс нейтронных звезд с углеродной атмосферой, к которому принадлежат по крайней мере некоторые центральные компактные объекты.

Максим Сергеевич Дворников (ИЗМИРАН)

Нестабильность магнитного поля в электрослабом веществе и генерация сильных магнитных полей в магнитарах

// М. С. Дворников

Предлагается новая модель для генерации сильных магнитных полей в магнитарах основанная на неустойчивости магнитного поля в веществе, состоящем из электронов и нуклонов, взаимодействующих посредством электрослабых сил нарушающих пространственную четность. Данная неустойчивость приводит к росту затравочного магнитного поля $B_0 = 10^{12}$ Гс, характерного для пульсаров, до напряженностей $B > 10^{15}$ Гс, предсказываемых в магнитарах. Масштаб магнитных полей, генерируемых в рамках нашей модели, сравним с радиусами магнитаров. Время роста магнитного поля, $10^3 - 10^5$ лет, сопоставимо с возрастом молодых магнитаров. В нашей модели также предсказывается генерация максимальной спиральности для магнитных полей обладающих нулевой начальной спиральностью. Кроме того, мы обсуждаем возможный источник энергии обеспечивающий рост магнитного поля. Полученные результаты сравниваются с результатами других моделей.

Литература

1. M. Dvornikov, arXiv:1510.06228.
2. M. Dvornikov & V.B. Semikoz, Phys. Rev. D 92, 083007 (2015) [arXiv:1507.03948].
3. M. Dvornikov & V.B. Semikoz, JCAP 05 (2015) 032 [arXiv:1503.04162].
4. M. Dvornikov & V.B. Semikoz, Phys. Rev. D 91, 061301 (2015) [arXiv:1410.6676].
5. M. Dvornikov, Phys. Rev. D 90, 041702 (2014) [arXiv:1405.3059].
6. M. Dvornikov & V.B. Semikoz, JCAP 05 (2014) 002 [arXiv:1311.5267].

Сергей Томас Дерри (МФТИ)

Моделирование эволюции угла наклона пульсаров

// С. Т. Дерри¹, В. С. Бескин², Л. И. Арзамасский³

¹МФТИ, ²ФИАН, ³Принстонский университет

Спустя более 50 лет после открытия пульсаров вопрос об их эволюции все еще до конца не решен. В частности, до сих пор неясно, как меняется угол между магнитным моментом нейтронной звезды и ее осью вращения. В настоящее время имеются как теории, в которых угол наклона со временем приближается к 90 градусам, так и теории, предсказывающие эволюцию к соосному состоянию. Интеримпульсные же пульсары позволяют независимо оценить угол наклона осей, поскольку интеримпульс возникает либо в результате наблюдения противоположных магнитных полюсов (тогда угол близок к 90 градусам), либо в результате повторного наблюдения одного и того же полюса, когда угол близок к 0 градусов). Поэтому статистические свойства таких пульсаров могут пролить свет и на режим торможения нейтронных звезд.

В ходе работы мы использовали два независимых подхода - метод кинетического уравнения и Монте-Карло симуляцию. При этом были рассмотрены различные начальные распределения по магнитным полям, периодам и углам наклона. В результате, было показано, что модель торможения, предсказывающая увеличение угла наклона пульсара, лучше описывает наблюдаемое распределение интеримпульсных пульсаров по периодам вращения чем модель, в которой угол наклона уменьшается. Более того, методом Монте-Карло были найдены оптимальные начальные распределения, при которых первая модель отлично согласуется с наблюдательными данными. В ходе работы мы также проанализировали несколько каталогов интеримпульсных пульсаров. Оказалось, что некоторые пульсары не являются соосными или ортогональными, как это было предположено предыдущих в работах. В дальнейшем мы предполагаем пронаблюдать несколько интеримпульсных пульсаров для проведения независимого анализа, используя обсерватории ПРАО и LOFAR (Голландия), а также используя данные поляризации для точного определения принадлежности пульсаров к определенной группе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант №14-02-00831)

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

Изменение дисперсии ТЭВ-ных фотонов при рассеянии на фотона среды

// А. А. Добрынина

Работа посвящена вопросу о модификации закона дисперсии фотонов ТЭВ-ных энергий при их рассеянии на фотонах среды и оценке роли измененного закона дисперсии для описания осцилляций системы из фотонов и аксионоподобных частиц. В качестве рассеивающих центров (фотонов среды) были рассмотрены следующие источники: реликтовое излучение, внегалактическое фоновое излуче-

ние, радиационное излучение звезд и галактические магнитные поля. Реликтовое излучение обеспечивает эффективную массу фотона $m_\gamma^2 = -(1.01 \text{ neV} \times \omega/\text{TeV})^2$ при $\omega \lesssim 1000 \text{ ТэВ}$. Внегалактическое фоновое излучение не оказывает сильного влияния на изменение дисперсионных свойств ТэВ-ных фотонов, но отдельные локальные источники излучения в Галактике могут давать значительный вклад. Рассматриваемый в работе эффект не изменяет типичные сценарии для осцилляций системы из фотонов и аксионоподобных частиц. Но это не является причиной полагать, что учет фотон-фотонной дисперсии не окажет меньшего или большего воздействия на процесс осцилляций, чем все другие известные эффекты - масса аксионоподобной частицы, константа взаимодействия фотона и аксионоподобной частицы, напряженность магнитного поля.

Данная работа выполнена в рамках стипендии президента РФ для обучения за рубежом в 2015/16 году (приказ №558 от 3.06.2015), при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №15-02-06033-а, при поддержке фонда Династия и при частичной финансовой поддержке Немецкого научно-исследовательского общества (DFG) грант №EXC-153 (Ведущий инновационный центр «Происхождение и структура Вселенной») и Европейского сообщества грант №PITN-GA-2011-289442 (FP7 Программа поддержки аспирантов и молодых ученых “Invisibles”)

Вячеслав Вячеславович Душин (СПбГУ)

Модель формирования линии рентгеновских пульсаров с горячим пятном

// В. В. Душин, А. А. Муштуков, С. С. Цыганков

Феномен рентгеновских пульсаров объясняется аккрецией на нейтронную звезду с сильным магнитным полем в двойной системе. Если темп аккреции на нейтронную звезду меньше некоторого критического значения, то излучение формируется в горячем пятне на поверхности нейтронной звезды. Резонансное рассеяние излучения на аккрецирующем веществе приводит к образованию абсорбционной особенности в спектре пульсара. При темпе аккреции близком к критическому в области формирования спектральной особенности могут быть большие градиенты скорости. Это приводит к нетривиальной форме линии. В работе мы анализируем процесс образования циклотронной линии в спектре докритических рентгеновских пульсаров и подготавливаем основу для расчета точной формы спектральной линии, что будет важным для диагностики нейтронных звезд в рассматриваемых системах.

Евгений Олегович Заварыгин (СПбПУ)

Распространенность первичного дейтерия в subDLA системе в спектре квазара J1444+2919

// Е. О. Заварыгин

В работе представлены результаты измерения относительной распространенности дейтерия в subDLA системе ($z = 2.437$) с лучевой концентрацией нейтрального водорода $\log N(\text{H I}) = 19.983 \pm 0.010$ в спектре квазара J1444+2919.

Высокое качество спектра позволило определить сложную скоростную структуру абсорбционной системы, состоящую из 8 компонент. Низкое значение металличности в subDLA системе, $[O/H] = -2.042 \pm 0.005$, позволяет заключить, что измеренное значение относительной распространенности дейтерия, $\log(D/H) = -4.706 \pm 0.007_{\text{stat}} \pm 0.067_{\text{syst}}$, близко к первичному. Полученный результат совместно с измерениями значения D/H в других абсорбционных системах (всего 15 измерений) приводит к среднему значению распространенности первичного дейтерия во Вселенной, равному $(D/H)_p = (2.55 \pm 0.19) \times 10^{-5}$. В работе обсуждаются космологические приложения полученного результата и так называемая проблема первичного дейтерия.

Дмитрий Александрович Зюзин (ФТИ им. Иоффе РАН)

Рентгеновские наблюдения гамма-пульсара PSR J1932+1916

// Д. А. Зюзин

В докладе представлены результаты анализа наблюдений гамма-пульсара PSR J1932+1916 в рентгеновском диапазоне. Поле пульсара наблюдалось с помощью обсерваторий Suzaku и Swift. На положении пульсара был обнаружен рентгеновский источник. Его пространственные и спектральные характеристики говорят о том, что это система пульсар плюс пульсарная туманность. Также обсуждается возможная ассоциация пульсара с остатком сверхновой SNR G54.4-0.3.

Андрей Николаевич Казанцев (ФИАН, Пущинская
радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН)

Импульсы аномальной интенсивности от пульсара B1133+16

// А. Н. Казанцев

Импульсы аномальной интенсивности - редкое явления генерации мощных индивидуальных импульсов более чем в 30 раз превышающих средний профиль пульсара (типичное превышение для обычных импульсов составляет 10-15 раз). По своим свойствам эти импульсы очень напоминают гигантские импульсы пульсаров, но при этом имеют меньшую энергию и, в основном, наблюдаются на низких частотах (от 18 до 111 МГц). Окончательного мнения считать ли такие импульсы гигантскими или они составляют отдельную популяцию импульсов пока нет, но количество (не сегодняшний день 5) пульсаров обладающих такими «аномальными» импульсами не позволяет оставить явление без внимания. В рамках наблюдательной программы по поиску и исследованию гигантских импульсов были проведены наблюдения пульсара B1133+16 на антенне БСА ФИАН (рабочая частота 111 МГц) в полосе частот 2,5 МГц, в период с ноября 2013 по декабрь 2014. Амплитудные флуктуации отмечались в ранних работах по этому пульсару.

Были обнаружены индивидуальные импульсы в 30 и более раз превышающие амплитуду среднего профиля. Похожее явление было обнаружено у данного пульсара в диапазоне частот 18-30 МГц. В целом, на 11000 импульсов участвующих в обработке, было зарегистрировано 14 таких событий. При этом, практически в каждом сеансе наблюдений регистрируется индивидуальный импульс значительно превосходящий средний профиль по соотношению сигнал/шум. Максимальное зарегистрированное превышение среднего профиля по амплитуде составило 86 раз. Аномальные импульсы регистрируются как в первой, так и во второй компоненте среднего профиля, при этом 65% событий приходится на первую компоненту. Никакого указания на генерацию аномально мощных импульсов B1133+16 на высоких частотах в литературе не найдено.

Дмитрий Иванович Карасев (ИКИ РАН)

Поиск и исследование симбиотических двойных систем в балдже Галактики

// Д. И. Карасев

На наш взгляд, балдж Галактики является очень перспективной областью с точки зрения исследования популяции симбиотических двойных систем (включают белый карлик и красный гигант в качестве невырожденного компаньона). В настоящей работе мы, сопоставляя результаты общедоступных обзоров окрестностей галактического центра обсерваторией *Chandra* и переобработанные данные инфракрасного обзора *VVV/ESO*, постарались получить наиболее полную локальную выборку кандидатов в СДС. Подобное исследование необходимо поскольку количественный анализ СДС не только способен выявить наиболее вероятный эволюционный механизм образования подобных систем, но и может быть полезен при изучении свойств межзвездной среды. Отметим, что в работе использовалась модифицированная карта межзвёздного поглощения, которая была получена нами ранее.

Анна Викторовна Карпова (ФТИ им. Иоффе РАН)

Исследование остатка сверхновой G350.0-2.0 в рентгеновском диапазоне

// А. В. Карпова

В работе представлен анализ рентгеновского изучения остатка сверхновой *G350.0-2.0*, а также яркого источника *1RXS J172653.4-382157* в его поле. Использовались данные обсерватории *XMM-Newton*. Спектр *G350.0-2.0* аппроксимируется моделью неравновесной плазмы *vnei*. Спектр *1RXS J172653.4-382157* хорошо описывается как степенным законом, так и моделью, содержащей степенную и тепловую (чернотельную) компоненты. Пульсации от *1RXS J172653.4-382157* не были обнаружены. На изображениях, полученных в ультрафиолетовых фильтрах U и UVW1, был найден объект, положение которого совпадает с положением *1RXS J172653.4-382157*. Обсуждается возможность ассоциации источника с остатком сверхновой.

Анастасия Владиленовна Каспарова (ГАИШ МГУ)

Темная материя - темные методы

// А. В. Каспарова

Особенности распределения темной материи в галактиках во многом определяют эволюцию видимого вещества в них. Параметры профилей гало темной материи предсказываются в космологических теориях, однако методы их непосредственной оценки из наблюдений содержат множество подводных камней. В нашей работе на примере трех вариантов профилей темного гало (псевдо-изотермическая сфера, профили Буркерта и Наварро-Фрэнк-Вайта) рассматривается чувствительность к качеству входных данных одной из самых распространенных методик - "best fit" декомпозиция кривой вращения. Неучет неопределенности может привести к ошибочным эволюционным выводам.

Сергей Ортабаевич Кийков (Южно-Уральский государственный университет)

Взаимодействие вращающихся струй из молодых звезд с межзвездной плазмой

// С. О. Кийков

Изучается процесс взаимодействия струй из молодых звезд с внешней межзвездной плазмой. Звездные струи рассматриваются как сверхзвуковые газовые потоки, вращающиеся относительно направлений их распространения. Межзвездная среда представляет собой первоначально однородный покоящийся газ. С учетом вращения выполнены расчеты параметров течения плазмы в области взаимодействия струй с окружающей межзвездной средой. Полученные результаты согласуются с наблюдательными данными.

Виталий Юрьевич Ким (ГАО РАН)

Галактические рентгеновские пульсары в массивных двойных системах

// В. Ю. Ким

Приведен краткий обзор известных галактических рентгеновских пульсаров, входящих в тесные двойные системы. Показаны наблюдаемые параметры данных объектов.

Вячеслав Витальевич Клименко (ФТИ им. Иоффе РАН)

Оценка физических условий в молекулярном облаке с $z = 2.06$

// В. В. Клименко

В работе представлен независимый анализ абсорбционной системы молекулярного водорода с красным смещением $z_{\text{abs}} = 2.059$ в спектре квазара J2123–0050. H_2 система состоит из двух компонент (А и В) с лучевыми концентрациями $\log N_{\text{H}_2}^{\text{A}} = 17.94 \pm 0.01$ и $\log N_{\text{H}_2}^{\text{B}} = 15.16 \pm 0.02$. Уникальность исследуемой системы выражается в высоком содержании нейтральных элементов H_2 и C I при наименьшей среди систем с большими красными смещениями лучевой концентрации H I , равной $\log N_{\text{H I}} = 19.18 \pm 0.15$. Необычно высоким оказалось отношение $N_{\text{HD}}/2N_{\text{H}_2}$ для компоненты А, равное $(4.26 \pm 0.60) \times 10^{-5}$, что в 1.5 раза превышает распространенность дейтерия (D/H) для систем с большими красными смещениями. Используя лучевые концентрации элементов H I , H_2 , HD , C I , а также населенности возбужденных уровней H_2 и C I , мы исследовали физические условия в компонентах А и В. Компонента А представляет оптически-толстый случай, газ имеет невысокую объемную концентрацию ($\simeq 30 \text{ см}^{-3}$) и температуру $T \sim 140 \text{ К}$. В компоненте В среда оптически-тонкая с $n_{\text{H}} \leq 100 \text{ см}^{-3}$ и $T \geq 100 \text{ К}$. Интенсивность УФ фона в облаках почти на порядок превосходит среднее значение интенсивности в нашей Галактике. Чтобы описать высокие лучевые концентрации HD и C I , необходима высокая степень ионизации газа, $n_{\text{H}^+}/n_{\text{H}} \sim 10^{-2}$, что может быть результатом неполного экранирования системы от жесткого УФ излучения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (14-12-00955)

Андрей Андреевич Кожберов (ФТИ им. Иоффе РАН)

О влиянии магнитного поля на кристаллическую структуру коры нейтронной звезды

// А. А. Кожберов

Считается, что вещество в оболочке нейтронной звезды состоит из однородного электронного фона и полностью ионизированных атомов, упорядоченных в кристаллическую решётку. В данной работе мы рассматриваем влияние магнитного поля на фоновый спектр подобных кристаллов, а также на их термодинамические свойства. Исследуется вопрос, какая из решёток – объемно-центрированная кубическая (ОЦК) или гексагональная плотноупакованная (ГПУ) – имеет наименьшую свободную энергию в зависимости от температуры и величины магнитного поля. Показано, что учет зависимости энергии нулевых колебаний от взаимной ориентации направления магнитного поля и кристаллографических осей позволяет опровергнуть предположение о том, что при высоких магнитных полях наименьшую свободную энергию имеет ГПУ решетка.

Александр Иванович Колбин (Казанский (Приволжский)
федеральный университет)

Анализ проявлений магнитной активности двух быстрых ротаторов скопления Альфа Персея

// А. И. Колбин

Выполнен анализ кривых блеска и временного ряда спектров двух быстро-вращающихся звезд скопления Альфа Персея: *He 373* и *AP 225*. Определены фундаментальные параметры этих звезд, проведено фотометрическое картирование их поверхности. Проведен анализ пространственной корреляции областей хромосферной эмиссии и фотосферной запятненности.

Виктория Николаевна Комарова (САО РАН)

Наблюдения полей кандидатов в изолированные нейтрон- ные звезды в оптическом диапазоне

// В. Н. Комарова¹, Ю. А. Шибанов², А. А. Даниленко², Д. А. Зюзин²

¹САО РАН, ²ФТИ им. Иоффе РАН

Представлены текущие результаты программы поиска кандидатов в нейтронные звезды и связанных с ними Бальмеровских туманностей типа головной ударной волны. Наблюдения окрестностей пульсаров *J2022+3842*, *J2043+2740* и *J2030+4415* в широкополосных фильтрах и линии H_α проводились с помощью редуктора светосилы SCORPIO БТА САО РАН. Получены верхние пределы и соответствующие оценки потоков.

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

Нуклеосинтез при магниторотационном взрыве сверхно- вых

// В. Н. Кондратьев

В модели ядерного статистического равновесия исследованы особенности синтеза химических элементов в ультранамагниченной астрофизической плазме, предположительно возникающей в сверхновых и вблизи нейтронных звезд. На примере ^{44}Ti и ^{56}Ni показано, что магнитное изменение структуры атомных ядер увеличивает выход анти-магических ядер, а масса магических нуклидов меняется слабо. Соответствие полученных результатов с наблюдениями обсуждается.

Виктор Моисеевич Конторович (Радиоастрономический институт НАН Украины)

Полуголый позитрон во внутреннем зазоре пульсара

// В. М. Конторович¹, С. В. Трофименко^{2,3}

¹Радиоастрономический институт НАН Украины, ²Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина, ³Институт теоретической физики ХННЦ

Показано, что релятивистские позитроны, ускоряемые к поверхности звезды электрическим полем внутреннего зазора, с точки зрения порождаемого ими электромагнитного излучения ведут себя как «полуголые» частицы (А.Ахиезер и Н.Шульга. Электродинамика высоких энергий в веществе, М., 1993). Отраженное от поверхности пульсара излучение по своим спектрально-угловым свойствам отличается от излучения кривизны электронов в зазоре. В частности, оно содержит в качестве составляющей и переходное излучение. На примере излучения пульсара PSR 0531+21 в Крабовидной туманности, для которого имеются уникальные многочастотные измерения (Hankins, Jones & Eilek, arXiv:1502.00677), указана область частот, где отраженное излучение позитронов может преобладать над прямым излучением электронов и происходит смена механизмов излучения интеримпульса (ср. [1]). Предложено объяснение обоих высокочастотных компонент вне окон главного импульса и интеримпульса (Moffett & Hankins 1996, ApJ 468 779) отражением излучения релятивистских позитронов. Обсуждаются варианты топологии магнитного поля пульсара, которое может содержать тороидальную компоненту, выходящую на поверхность звезды и образующую подобие двух мощных «солнечных» пятен противоположной полярности.

Литература

1. V.M. Kontorovich, A.B. Flanchik, High Frequency Cut-off and Changing of Radio Emission mechanism in Pulsars, *Astrophys.Space Sci*, 345, 169 (2013); astro-ph/1201.0261
2. V.M. Kontorovich, Appendix D “Intermediate Epilogue” in *JPSA* 5, 48 (2015); astro-ph/0911.3272

Валерий Михайлович Корюкин (Марийский государственный университет)

К вопросу о применимости теории сильной гравитации и квантовой хромодинамики для описания центральных областей галактик

// В. М. Корюкин

В 80-е годы прошлого столетия была разработана ковариантная калибровочная теория сильных взаимодействий в пространстве аффинной связности, на основе которой можно было получить как квантовую хромодинамику, так и теорию сильной гравитации [1. Корюкин В.М. ЯФ. 1990. Т. 52, Вып. 2(8). С. 573.]. Последнюю предполагалось использовать для описания элементарных частиц как «черных дыр» общей теории относительности. Как оказалось, теория Эйнштейна неприменима для этого, так как при геометризации гравитации в ней отсутствовал существенный объект - кручение пространства-времени, которое локально диффеоморфно соответствующему структурному тензорному полю ло-

кальной группы Ли, характеризующей симметрию смешанной когерентной системы. Позднее мы предположили, что стандартное гравитационное взаимодействие не является фундаментальным, а индуцировано коллективными колебаниями в нейтринном море Вселенной. Вследствие этого приобретает глобальное значение слабое взаимодействие, так как оно обуславливает связь нейтрино не только друг с другом, но также с заряженными лептонами и кварками. На ядерных расстояниях происходит процесс восстановления симметрии (обратный спонтанному нарушению симметрии), в результате чего за взаимодействие между барионами основную нагрузку несут глюоны - цветные векторные бозоны. Еще позднее мы предложили рассматривать космические «черные дыры» как адроны с очень большим барионным зарядом [2. Koryukin V.M., PoS(Baldin ISHEPP XXII) 024.], что предполагает моделирование подобных объектов в лабораторных условиях на ускорителях высоких энергий. Использование квантовой хромодинамики в астрономии было предложено связать с возможностью преодоления трудностей для объяснения процессов с громадным энерговыделением, идущих в активных ядрах галактик. Естественно, что на очень малых расстояниях отсутствуют куперовские пары и процессы должны описываться квантовой хромодинамикой, а не теорией сильной гравитации.

Сергей Александрович Корягин (ИПФ РАН)

Уменьшение столкновительного поглощения излучения в плазме фотосфер магнитных белых карликов с квантующим магнитным полем

// С. А. Корягин

Наличие магнитного поля порождает сильное отличие излучательных способностей и коэффициентов поглощения нормальных электромагнитных волн в плазме на частотах ниже электронной циклотронной частоты - дихроизм. Дихроизм обусловлен резким отличием осцилляторной скорости электрона в необыкновенной волне, поляризованной строго поперёк магнитного и поля, и в обыкновенной волне, имеющей компоненту электрического поля вдоль внешнего магнитного поля. В низкотемпературной плазме фотосфер белых карликов (тепловая энергия частиц меньше энергии ионизации атома водорода) с сильным магнитным полем свыше 10 мегагаусс дихроизм усиливается за счёт существенного снижения частоты столкновений, определяющей мощность тормозного излучения и коэффициенты поглощения на низких частотах. Последнее связано с возникновением полностью связанного движения электронов с положительной энергией около ядра, которое ограничивает область фазового пространства, доступного свободным частицам. В работе показано, что обнаруженное ранее уменьшение тормозного излучения и столкновительного поглощения обыкновенной волны на низких частотах в случае классического движения электрона сохраняется и в квантовом случае, когда тепловая энергия частиц становится порядка и меньше энергетического зазора между уровнями Ландау. Данное обстоятельство существенно тем, что наиболее сильное отличие высот выхода разных нормальных волн из фотосферы, а следовательно и высокая линейная поляризация выходя-

щего из фотосферы излучения в инфракрасном диапазоне, по-видимому, достигается в случае, когда циклотронная частота находится выше частоты спектрального максимума излучения звезды.

Евгения Васильевна Кравченко (ФИАН)

Многоволновое исследование γ -яркого квазара 1030+611 во время его активного состояния в 2008-2014 гг

// Е. В. Кравченко

Данная работа посвящена детальному исследованию физических и кинематических свойств квазара 1030+611 — активного ядра галактики (АЯГ), струя которого направлена практически вдоль луча зрения наблюдателя. Основой для исследования послужила сильная вспышка 1030+611 в γ -лучах, зафиксированная космическим телескопом Fermi. Вспышка явилась триггером для начала нами мониторинга источника интерферометром VLBA в диапазоне длин волн 0.7-6.5 см. Помимо этого, в анализ были привлечены 2 см данные наблюдений источника 40-м антенной Калифорнийского университета и VLBA в проекте MOJAVE. Данные охватывают 5 лет наблюдений, что дает возможность детального исследования квазара в его активном состоянии. Результаты моделирования структуры 1030+611 на масштабах парсек показали наличие детали в струе, движущейся с видимой скоростью $(6.4 \pm 0.4)c$. Было проведено моделирование кривой блеска от источника на длине волны 2 см, в виде постоянного потока, и набора отдельных вспышек. В результате выявлено 9 вспышек, существование и свойства которых объясняются в рамках теории распространения ударных волн в релятивистских струях. При этом временной масштаб самой быстрой вспышки составил 39 ± 7 дней. Комбинируя эти результаты с результатами моделирования структуры источника, были оценены параметры релятивистского джета: Доплер-фактор $\delta = 15.3$, гамма-фактор $\gamma = 9.0$ и угол наблюдения струи к лучу зрения $\theta = 2.7$ градуса. Измерения яркостной температуры видимого начала струи показывают величину, значительно превышающую равновесное значение. Это хорошо согласуется с представлениями об увеличении величины магнитного поля и плотности частиц в основании струй во время вспышек. Поведение линейной поляризации и Фарадеевской меры вращения со временем показывает сильные изменения угла поляризации, что также означает изменение направления и величины магнитного поля и/или концентрации вещества в начале релятивистской струи. Яркостная температура оптически тонких областей струи показывает степенную зависимость с удалением от ядра, что хорошо согласуется с моделью непрерывной струи конической формы. Анализ показывает, что в струе присутствует радио вспышка и появляется новый компонент, возникновение которых может быть связано с сильной вспышкой в γ -лучах, при этом γ -излучение рождается ближе к центральной черной дыре. Временная задержка между двумя диапазонами в размере около 300 дней показывает, что, после высвечивания в γ -диапазоне, вещество пролетает 13 пк, и излучает в радио диапазоне, где вещество становится оптически тонким для радиоизлучения.

Екатерина Александровна Кузнецова (НИИЯФ МГУ)

Наблюдение космических гамма-всплесков в эксперименте «РЭЛЕК» на спутнике «Вернов»

// Е.А. Кузнецова^{1,2}, А.В. Богомолов¹, В.В. Богомолов^{1,2}, А.Ф. Июдин¹,
П.Ю. Минаев³, М.И. Панасюк^{1,2}, А.С. Позаненко^{3,4}, С.И. Свертилов^{1,2}, А.М. Черненко³
¹НИИЯФ МГУ, ²МГУ физический факультет, ³ИКИ РАН, ⁴НИЯУ МИФИ

В состав комплекса научной аппаратуры (КНА) РЭЛЕК на спутнике “Вернов” (апогей 819 км, перигей 621 км, наклонение 98.4°, период обращения 99.2 мин), запущенном в июле 2014 года, входит спектрометр гамма-излучения и электронов ДРГЭ. Этот прибор включает в себя набор сцинтилляционных фосвич-детекторов, в том числе четыре идентичных детектора рентгеновского и гамма-излучения в диапазоне от 10 кэВ до 3 МэВ суммарной площадью $\approx 500 \text{ см}^2$, направленных на атмосферу Земли, а также спектрометр электронов, содержащий три взаимно-ортогональных детекторных узла с геометрическим фактором $\approx 2 \text{ см}^2 \text{ ср}$, чувствительный также к рентгеновскому и гамма-излучению.

Задачей космического эксперимента с прибором ДРГЭ является исследование явлений, имеющих быструю временную переменность, в частности, атмосферных гамма-вспышек (*TGF*) и высыпаний магнитосферных электронов. Кроме того, детекторы прибора ДРГЭ могут регистрировать космические гамма-всплески. В приборе предусмотрена передача мониторинговой информации с временным разрешением 1с и пофотонная запись с фиксацией времени регистрации и энергии каждого гамма-фотона (или электрона) с точностью 15 мкс. Это позволяет не только проводить детальный анализ переменности в гамма-диапазоне, но и сопоставлять временные профили с результатами измерений других приборов КНА РЭЛЕК (детектор оптических и ультрафиолетовых вспышек, радиочастотный и низкочастотный анализаторы параметров электромагнитного поля).

В работе приводятся результаты наблюдения космических гамма-всплесков в 2014 г. Было зарегистрировано четыре гамма-всплеска, которые были независимо подтверждены другими экспериментами: 2014.08.07 (*UT*) 11:59:16, 2014.10.18 (*UT*) 02:49:14, 2014.11.04 (*UT*) 00:03:21 и 2014.11.04 (*UT*) 06:46:20. Обсуждается возможность поиска в данных эксперимента неподтвержденных гамма-всплесков.

Кирилл Вячеславович Лежнин (МФТИ)

Подавление темпа приливного разрушения звезд за счет анизотропных начальных условий

// К. В. Лежнин

Звезды, проходящие на малом расстоянии от сверхмассивной черной дыры (СМЧД) захватываются или разрываются приливным образом, производя вспышку в широком диапазоне длин волн. Оценки темпа подобных событий – предмет изучения теории конуса потерь, впервые сформулированной в приложении к гипотетическим черным дырам средней массы в центрах шаровых скопле-

ний. Позже данная теория была применена к СМЧД в галактических центрах со средней оценкой темпа приливного разрушения в $10^4 - 10^5$ событий за год на одну галактику. Наблюдательные ограничения на данную величину приблизительно ложатся в этот диапазон значений. Однако, в недавних работах было обнаружено систематическое занижение наблюдаемых темпов приливного разрушения относительно теоретических оценок не менее чем на порядок. В данной работе мы исследовали механизмы, которые могли бы значительно снизить темп событий приливного разрушения и согласовать теоретические и наблюдательные значения. Для галактических центров с временами релаксации, превышающими хаббловское время, таким механизмом может служить наличие анизотропии в распределении звезд по скоростям. Было рассмотрено два семейства моделей галактических центров: с малым числом звезд с малым угловым моментом, обусловленным слияниями с другими галактиками, а также с глобальной анизотропией в распределении по скоростям. Были рассмотрены сферически симметричные модели галактических центров для установления заниженной оценки на темп приливного разрушения звезд. Обнаружено, что в галактических центрах моложе ~ 0.1 времен релаксации поток звезд в черную дыру подавляется по сравнению со стационарным значением. Данный эффект может существенно снизить число наблюдаемых вспышек приливного разрушения в галактиках с массами СМЧД более $10^7 M_{\odot}$.

Галина Владимировна Липунова (ГАИШ МГУ)

Анализ двухнедельной эволюции периода вращения пульсара ULX X-2 в M82

// Г. В. Липунова

Наблюдения ультраяркого рентгеновского пульсара ULX X-2 в M82 интерпретируются в рамках модели ускорения/замедления вращения замагниченной нейтронной звезды при аккреции из диска (Ghosh & Lamb 1979). Данные двухнедельной эволюции периода нейтронной звезды (Bachetti et al 2014) с чередующимися ускорением и замедлением пульсара объясняются в рамках этой модели. Анализ вариаций рентгеновской светимости подтверждает оценку величины магнитного поля нейтронной звезды больше 10^{13} Гс.

Елена Дмитриевна Мазаева (ИКИ РАН)

Наблюдения коротких гамма-всплесков на телескопе GTC

// Е. Д. Мазаева

Выполнен анализ наблюдений послесвечений коротких гамма-всплесков GRB 121226A, GRB 131224A, GRB 140622A в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах проведенных на телескопе Gran Telescopio Canarias (апертура 10.4 метра) и других наземных оптических телескопах. Также проведен анализ

всплесков в гамма-диапазоне. Наблюдения *GRB 121226A* телескопом GTC начались через 10.3 часов после обнаружения всплеска на *BAT/Swift*. Обнаружен источник в области локализации *XRT/Swift*. Сравнивая с последующими наблюдениями показано, что источник представляет суперпозицию родительной галактики и послесвечения. Для короткого гамма-всплеска *GRB 131224A*, локализованного с помощью *JEM-X/INTEGRAL* с точностью (радиус) $1'$ и проецирующегося в Галактическую плоскость, послесвечения не найдено, получен верхний предел на переменность возможного источника в фильтре z . Для *GRB 140622A* в области локализации *XRT/Swift* в данных наблюдений, проведённых через 18.4 часа, ни послесвечение, ни родительская галактика не обнаружены до $r \sim 26m$. Наблюдения выполнены по программе гамма-всплесков на GTC (руководитель А. Кастро-Тирадо).

Константин Леонидович Маланчев (ГАИШ МГУ)

Вязкая эволюция аккреционного диска вокруг черной дыры в рентгеновской новой 4U 1543-47 2002 г

// К. Л. Маланчев, Г. В. Липунова

Мы представляем результаты расчета кривой блеска рентгеновской новой *4U 1543-47 2002* года в рамках численной модели вязкой эволюции горячего диска. В пике рентгеновская новая находилась в мягком спектральном состоянии, с преобладающим вкладом диска в полный рентгеновский поток. Аккреционный диск в *4U 1543-47* с орбитальным периодом около 27 часов может достигать размеров порядка пяти радиусов Солнца.

Мы проводим численное моделирование эволюции тонкого диска с учетом облучения далеких частей диска центральным рентгеновским излучением. Моделирование захватывает как стадию роста рентгеновской светимости, так и стадию её спада. В рамках этой модели после пика светимости область диска с горячим ионизованным веществом уменьшается в размере, поскольку температура в диске падает со временем. Получена оценка на параметр турбулентности α в горячем диске, в предположении, что она значительно превосходит α в диске с неионизованным веществом.

Игорь Фёдорович Малов (Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН)

Пространственные скорости радиопульсаров

// А. А. Логинов, И. Ф. Малов, Е. Б. Никитина.

Известные модели, предложенные для объяснения высоких пространственных скоростей пульсаров и связанные с асимметрией коэффициентов переноса разных сортов нейтрино или электромагнитного излучения, могут быть эффективными только при больших магнитных полях (до 10^{16} Гс) или при периодах вращения образующихся нейтронных звёзд порядка 1 мс. Показано, что наблюдаемые скорости не коррелируют ни с периодами пульсаров, ни с магнит-

ными полями на поверхности. В предположении о равенстве возраста пульсара его кинематическому возрасту в рамках модели магнитодипольного торможения оценены начальные периоды вращения. Распределение этих периодов оказалось бимодальным с максимумами на 5 мс и 0.5 с и подобно распределению периодов в настоящее время. Показано, что асимметрии электромагнитного излучения недостаточно, чтобы вызвать дополнительное ускорение пульсаров в течение их эволюции после взрыва сверхновой. Наблюдения свидетельствуют о торможении движения, вызванном по-видимому влиянием межзвёздной среды и взаимодействием с окружающими объектами. Получены оценки времён экспоненциального уменьшения индукции магнитного поля τ_D и угла между осью вращения и магнитным моментом τ_β . Оказалось, что $\tau_\beta = 1.4$ млн лет. Найдена зависимость поперечной скорости пульсара от угла между лучом зрения и осью вращения нейтронной звезды, которая ожидается в механизмах ускорения, обусловленных асимметрией излучения с двух полюсов звезды.

Павел Юрьевич Минаев (ИКИ РАН)

Предвсплески коротких гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL

// П. Ю. Минаев

Проведен анализ кривых блеска 519 коротких гамма-всплесков, зарегистрированных в эксперименте SPI-ACS INTEGRAL в 2002-2014 гг. с целью поиска возможной активности источника гамма-всплеска (предвсплеска) до начала основного эпизода. В индивидуальных кривых блеска коротких гамма-всплесков в жестком энергетическом диапазоне > 100 кэВ достоверные кандидаты в предвсплески не обнаружены. В статистическом анализе суммарной кривой блеска всей выборки коротких гамма-всплесков также не выявлено регулярного предвсплеска. Показано, что кандидаты в предвсплески, обнаруженные ранее в других работах (например, Troja et al., 2010), по-видимому, не являются достоверными. Полученные результаты позволяют упростить существующую феноменологическую модель коротких гамма-всплесков.

Александр Геннадьевич Михайлов (ГАО РАН)

Магнитное поле на горизонте событий сверхмассивной черной дыры в активных ядрах галактик

// А. Г. Михайлов

В рамках модели Блендфорда-Знайека и гибридной модели Мейера вычислены значения магнитного поля вблизи горизонта событий сверхмассивной черной дыры для активных ядер галактик с ограничениями на величину спина их центральных черных дыр, полученными из анализа рентгеновских спектров. Показано, что вычисленные значения магнитного поля примерно совпадают, а в некоторых случаях и превосходят значения магнитного поля, рассчитанные в предположении о равномерном распределении между плотностью магнитной энергии и плотностью аккрецирующего вещества вблизи горизонта событий.

Александр Геннадьевич Михайлов (ГАО РАН)

Прямая связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона для аккреционного диска в активных ядрах галактик

// А. Г. Михайлов

Представлено соотношение, которое определяет связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона, т.е. отношением между болометрической и эддингтоновской светимостями для аккреционного диска в активных ядрах галактик. Полученное соотношение зависит также от отношения между величинами давления магнитного поля и потока аккрецирующего вещества на радиусе горизонта событий черной дыры. В случае равенства давлений магнитного поля и аккрецирующего вещества устанавливается прямая связь между спином черной дыры и фактором Эддингтона. На основе имеющихся данных о болометрической светимости и массе черной дыры можно определить величину спина черной дыры. Для ряда активных ядер галактик представлены значения спинов центральных массивных черных дыр. Представленный нами метод позволяет определить величину отношения между давлениями магнитного поля и аккреционного газа на горизонте событий черной дыры для активных ядер галактик, у которых надежно определено значение спина черной дыры.

Евгений Александрович Михайлов (МГУ физический факультет)

Эффект Колмогорова - Петровского - Пискунова в задаче о распространении магнитных полей в галактиках

// Е. А. Михайлов

В настоящее время твердо установлено, что во внутренних областях ряда галактик существуют магнитные поля величиной несколько мкГс. Их генерация обусловлена механизмом динамо, действие которого основано на дифференциальном вращении и альфа-эффекте, характеризующем турбулентные движения частично ионизованной межзвездной среды. Механизм динамо является пороговым: магнитное поле может генерироваться лишь при условии, что диссипация не слишком велика и не “размывает” поле. На периферии галактик также присутствует ионизованный газ, но простейшие оценки показывают, что процессы, ответственные за генерацию магнитного поля, оказываются там слабее диссипативных эффектов. При этом, результаты численного моделирования демонстрируют, что магнитное поле может проникать и на расстояния вплоть до 20 кпк до центра галактик. Примерно та же ситуация наблюдается и в случае моделирования магнитных полей во внешних кольцах галактик. Наиболее вероятным объяснением этого является так называемый эффект Колмогорова - Петровского - Пискунова, описывающий распространение нелинейных волн в параболических уравнениях, к которым относятся и уравнения теории динамо. При помощи методов, известных в теории сингулярных возмущений, получены скорости распространения таких волн в галактиках. Показано, что за время жизни галактик

магнитное поле может распространиться как на большие расстояния от центра (вплоть до 20 кпк), так и во внешние кольца (если они существуют у данной галактики).

Александр Сергеевич Москвитин (САО РАН)

Наблюдение сверхновых, связанных с гамма-всплесками, в САО РАН

// А. С. Москвитин

С момента обнаружения связи гамма-всплесков и массивных сверхновых в 1998 году на телескопах САО РАН проводится поиск и изучение подобных событий. Среди сотен гамма-всплесков с открытыми оптическими компаньонами и тысяч сверхновых взаимосвязь между двумя этими классами явлений обнаруживается только на примере нескольких объектов (Hjorth and Bloom, *Gamma-Ray Bursts*, Cambridge Astrophysics Series 51, pp. 169 (2012)). Некоторые из них наблюдались в САО, в том числе спектроскопически: GRB 030329 / 2003dh (Sokolov et al., 2003, BSAO, 56, 5), GRB/XRF 060218 / SN 2006aj (Sonbas et al., 2008, Astr. Bull. 63, 228), XRF 080109 / SN 2008D (Moskvitin et al., 2010, Astr. Bull., 65, 132), GRB 090618 (Cano et al., 2011, MNRAS, 413, 669), GRB 130427A / SN 2013cq, GRB 150818A.

Кривые блеска таких событий отличаются от степенных законов обычных послесвечений присутствием поярчения или выраженного максимума спустя около 10 дней после триггера. Фотометрические данные, полученные на телескопах САО РАН и других обсерваторий, использовались не только для построения многоцветных кривых блеска, но и для проверки калибровок спектров, построения распределений энергии и разделения вклада компонент. Признаки вклада сверхновой для самых ярких объектов наблюдались спектроскопически в виде присутствия широких линий ионизованного железа, кальция, кислорода, других тяжёлых элементов и, возможно, водорода с характерными P Cyg профилями и скоростями расширения около 30000 км/с. Анализ физических параметров расширяющейся оболочки таких объектов говорит о том, что они сопоставимы с аналогичными характеристиками обычных массивных сверхновых, не связанных с гамма-всплесками.

Тинатин Михайловна Нацвлишвили (ГАО РАН)

Прямая связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона для аккреционного диска в активных ядрах галактик

// М. Ю. Пиотрович, С. Д. Булига, Ю. Н. Гнедин, А. Г. Михайлов, Т. М. Нацвлишвили, Н. А. Силантьев

Представлено соотношение, которое определяет связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона, т.е. отношением между болометрической и эддингтоновской светимостями для аккреционного диска в активных ядрах галактик. Полученное соотношение зависит также от отношения меж-

ду величинами давления магнитного поля и потока аккрецирующего вещества на радиусе горизонта событий черной дыры. В случае равенства давлений магнитного поля и аккрецирующего вещества устанавливается прямая связь между спином черной дыры и фактором Эддингтона. На основе имеющихся данных о болометрической светимости и массе черной дыры можно определить величину спина черной дыры. Для ряда активных ядер галактик представлены значения спинов центральных массивных черных дыр. Представленный нами метод позволяет определить величину отношения между давлениями магнитного поля и аккреционного газа на горизонте события черной дыры для активных ядер галактик, у которых надежно определено значение спина черной дыры.

Елена Борисовна Никитина (Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН)

Пространственные скорости радиопульсаров

// Е. Б. Никитина

Известные модели, предложенные для объяснения высоких пространственных скоростей пульсаров и связанные с асимметрией коэффициентов переноса разных сортов нейтрино или электромагнитного излучения, могут быть эффективными только при больших магнитных полях (до 10^{16} Гс) или при периодах вращения образующихся нейтронных звёзд порядка 1 мс. Показано, что наблюдаемые скорости не коррелируют ни с периодами пульсаров, ни с магнитными полями на поверхности. В предположении о равенстве возраста пульсара его кинематическому возрасту в рамках модели магнитодипольного торможения оценены начальные периоды вращения. Распределение этих периодов оказалось бимодальным с максимумами на 5 мс и 0.5 с и подобно распределению периодов в настоящее время. Показано, что асимметрии электромагнитного излучения недостаточно, чтобы вызвать дополнительное ускорение пульсаров в течение их эволюции после взрыва сверхновой. Наблюдения свидетельствуют о торможении движения, вызванном по-видимому влиянием межзвёздной среды и взаимодействием с окружающими объектами. Получены оценки времён экспоненциального уменьшения индукции магнитного поля τ_D и угла между осью вращения и магнитным моментом τ_B . Оказалось, что $\tau_B = 1.4$ млн лет. Найдена зависимость поперечной скорости пульсара от угла между лучом зрения и осью вращения нейтронной звезды, которая ожидается в механизмах ускорения, обусловленных асимметрией излучения с двух полюсов звезды.

Елена Евгеньевна Нохрина (МФТИ)

К природе замедления релятивистских струйных выбросов из активных ядер галактик

// В. С. Бескин, А. В. Черноглазов, Н. Закамска, Е. Е. Нохрина

Наблюдения струйных выбросов (джетов) из активных ядер галактик на интерферометрах со сверхдлинными базами, с одной стороны, даёт возможность

проверки теоретических моделей истечений, а, с другой стороны, требует теоретического объяснения всё новых наблюдательных фактов. Недавние подробные наблюдения командой *MOJAVE* ускорений и замедлений ярких особенностей в джетах показали, что можно говорить о систематически наблюдаемых ускорениях на расстояниях менее 10-20 парсек от основания джета, и о систематических замедлениях на больших расстояниях. Если первые могут быть объяснены продолжающимся ускорением плазмы в рамках МГД моделей, то вопрос о замедлении остаётся открытым.

В работе в рамках приближения двухжидкостной гидродинамики аналитически исследовались две модели возможного объяснения замедления течений: 1) учёт торможения излучением и 2) т.н. «mass-loading» – эффект, когда в результате двухфотонной конверсии рождаются электрон-позитронные пары, “нагружающие” истекающую плазму. В случае первого механизма получены критерии, когда эффекты, связанные с двухжидкостной МГД, начинают играть заметную роль в движении плазмы. Для второго механизма получены оценки на плотность вторичной электрон-позитронной плазмы, необходимой для существенного торможения течения.

Работа была частично поддержана грантом РФФИ №02-15-03063.

Игорь Сергеевич Огнев (ЯрГУ)

Бета-процессы в сверхновых и аккреционных дисках с магнитным полем

// И. С. Огнев

Рассмотрены бета-процессы, являющиеся доминирующими нейтрино-нуклонными процессами, при произвольном магнитном поле в условиях, соответствующих сверхновым с коллапсом центральной части и аккреционным дискам вокруг черных дыр. Показано, что магнитное поле подавляет скорости данных реакций и излучаемую в них энергию, причем для процессов с участием нейтрино максимальное подавление составляет примерно 0.4 от бесполевого значения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №15-02-06033 А.

Дмитрий Владимирович Опарин (САО РАН)

Наблюдательное изучение галактического ветра

// Д. В. Опарин

С помощью метода 3D-спектроскопии со сканирующим интерферометром Фабри-Перо на 6-м телескопе САО РАН мы изучаем движения ионизованного

газа, выбрасываемого из дисков близких галактик под действием современного звездообразования. Рассмотрены три галактики с различной морфологией таких истечений. *NGC 4460* - линзовидная галактика, в которой все текущее звездообразование сосредоточено в компактной околоядерной области. Здесь наблюдается характерная биконическая туманность в линии H_α - “галактический ветер”. Для неё нам удалось построить геометрическую модель в виде вращающегося полого конуса ионизованного газа, позволившую оценить характерные скорости ветра. *UGC 10043* - видимая с ребра спиральная галактика с похожей конусовидной структурой, почти не заметной в линии H_α , но хорошо наблюдаемой в эмиссионной линии азота [NII] 6583. В карликовой галактике *NGC 3077* истечение имеет более аморфную пространственную структуру с несколькими кинематическими компонентами.

Александр Анатольевич Панфёров (Тольяттинский
государственный университет)

Струи SS 433 на масштабе десятки парсек

// А. А. Панфёров

Рентгеновское излучение радиотуманности W 50 в виде осесимметричных конусов – единственный источник информации о струях SS 433 на масштабах 10-ки пк. С помощью депроекции имеющихся наблюдений обсерваторий *Einstein* и *XMM-Newton* определена концентрация $n_e = 0.26$ и $0.13 \text{ см}^{-3} D_{4.5}^{-1/2}$ в осевой области рентгеновского конуса и в его оболочке, где $D_{4.5} \equiv D/4.5$ кпк. Соответствующее давление внутри W 50 оценивается как $P_{W50} \sim 3 \cdot 10^{-11} \text{ эрг/см}^3$ с точностью до 2. Такое давление исключает ветровое происхождение (от термализованной энергии струй или сверхкритического аккреционного диска) и ограничивает возраст $t_{W50} \geq 95$ тыс. лет W 50 как остатка сверхновой, для заведомо заниженных плотности межзвёздной среды и начальной энергии остатка сверхновой. При этом максимальный период действия струй $t_j = 15$ тыс. лет, необходимый для обеспечения наблюдаемого давления P_{W50} , значит t_j заведомо ещё меньше. Это различие времён позволяет полностью решить проблему низкой эффективности высвечивания струй, $\eta \approx 10^{-4}$. Для вязкого напряжения σ в пограничном слое струи найдена зависимость от термодинамических величин и скорости струи, v_j , аппроксимирующая данные о замедлении струй радиогалактик FRI. Применение её к замедлению струй SS 433 на десятках пк, как того требуют наблюдения, показало эффективность переноса импульса через пограничный слой, одинаковую со струями FRI. При ширине пограничного слоя струи SS 433 $\delta \ll 4$ пк, ширины предполагаемой струи на изображении области, полученном обсерваторией ROSAT, коэффициент динамической вязкости $\mu \equiv \delta\sigma/v_j \ll 0.01 \text{ г/см с}$, или $\ll 10\%$ тепловой вязкости Брагинского. Это свидетельствует о том, что перенос в пограничном слое струи существенно подавлен. Каким образом?

Михаил Юрьевич Пиотрович (ГАО РАН)

Прямая связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона для аккреционного диска в активных ядрах галактик

// М. Ю. Пиотрович, С. Д. Булига, Ю. Н. Гнедин, А. Г. Михайлов, Т. М. Навлишвили, Н. А. Силантьев

Представлено соотношение, которое определяет связь между спином сверхмассивной черной дыры и фактором Эддингтона, т.е. отношением между болометрической и эддингтоновской светимостями для аккреционного диска в активных ядрах галактик. Полученное соотношение зависит также от отношения между величинами давления магнитного поля и потока аккрецирующего вещества на радиусе горизонта событий черной дыры. В случае равенства давлений магнитного поля и аккрецирующего вещества устанавливается прямая связь между спином черной дыры и фактором Эддингтона. На основе имеющихся данных о болометрической светимости и массе черной дыры можно определить величину спина черной дыры. Для ряда активных ядер галактик представлены значения спинов центральных массивных черных дыр. Представленный нами метод позволяет определить величину отношения между давлениями магнитного поля и аккреционного газа на горизонте событий черной дыры для активных ядер галактик, у которых надежно определено значение спина черной дыр.

Вадим Вячеславович Прокофьев (МФТИ)

К асимптотической структуре пульсарного ветра

// В. В. Прокофьев

В работе исследуется магнитосфера пульсара в бессилом и двухжидкостном МГД приближении. В первой части было найдено асимптотическое решение для бессилой магнитосферы, согласующееся с результатами численного моделирования. Показано, что форма токового слоя не зависит от азимутальной структуры магнитного поля. Во второй части работы исследуется поведение частиц в токовом слое - области в которой бессиловое решение заведомо не выполняется. Был проведен переход в систему отсчёта, движущуюся вместе с пульсарным ветром. Для соосного и ортогональных случаев найдены самосогласованные решения, в которых размеры орбит, по которым движутся частицы, растет вместе со слоем. Для ортогонального случая получена оценка ускорения частиц вдоль слоя.

Артем Владимирович Просветов (ИКИ РАН)

Фрактальный анализ рентгеновских кривых блеска аккрецирующих двойных систем

// А. В. Просветов, С. А. Гребенев

Кривые блеска, получаемые в рентгеновском диапазоне от маломассивных двойных систем, содержащих черную дыру либо нейтронную звезду, обладают сильно изрезанной формой, повторяющейся с высокой степенью самоподобия на временных масштабах от 10 с до 0.01 с, что говорит о вероятных фрактальных свойствах сигнала. Традиционно используется Фурье-анализ кривых блеска для получения информации о нелинейных процессах, происходящих в условиях аккреционного течения на компактный объект. Спектры мощности рентгеновских двойных систем обычно содержат «красный» низкочастотный шум, при том наклон спектра мощности напрямую связан с фрактальной размерностью сигнала. Также в рентгеновских кривых блеска от двойных систем иногда наблюдаются феномены квази-периодических осцилляций (*QPO*), представляющие собой пики на фоне «красного шума» в спектрах мощности и вызывающие до сих пор научные споры о физике своего прохождения. Мы обнаружили, что присутствие *QPO* в спектрах мощности значительно изменяет фрактальные свойства сигнала в диапазоне 2-10 кэВ, однако *QPO* в диапазоне 10-80 кэВ никак не влияет на фрактальные свойства сигнала. Кроме того, нами было обнаружено, что рентгеновские сигналы от аккрецирующих нейтронных звезд и черных дыр обладают различными фрактальными свойствами, не смотря на сходство фурье-спектров этих объектов. Наша работа открывает новые перспективы в изучении аккрецирующих компактных объектов с помощью фрактальных свойств рентгеновских кривых блеска и мы убеждены в научном потенциале этого нового подхода.

Ксения Владимировна Птицына (ИЯИ РАН)

Ускорение частиц в вакуумных зазорах в бессиловых магнитосферах сверхмассивных чёрных дыр

// К. В. Птицына

Рассматривается ускорение частиц в вакуумных зазорах - областях с недостатком объемной плотности заряда - в бессиловых магнитосферах сверхмассивных чёрных дыр, погруженных в аккреционный поток с доминирующим адвективным переносом тепла. Границы зазоров определяются фотон-фотонным рождением электрон-позитронных пар на излучении от аккреционного потока. Численно моделируется ускорение и распространение заряженных частиц в зазоре с учетом структуры электрического и магнитного полей, потерь энергии на излучение и взаимодействия излученных фотонов с фоновым излучением от аккреционного потока. Показано, что существование зазора имеет явные наблюдательные проявления в спектре излучения на ГэВ-ТэВ энергиях. Ускорение протонов в зазоре до сверхвысоких энергий возможно только для источников с очень низкой светимостью.

Владимир Соломонович Птускин (ИЗМИРАН)

Генерация нейтрино высоких энергий в остатках сверхновых типа II_p

// В. С. Птускин

Проведено моделирование ускорения частиц, генерации нейтрино и электромагнитного излучения в остатках сверхновых типа II_p. Показано, что фон нейтрино высоких энергий, возникающий от внегалактических сверхновых этого типа, может объяснить наблюдаемые на установке IceCube нейтринные события. Анализируется корреляция нейтринных событий с остатками сверхновых II_p.

Максим Сергеевич Пширков (ГАИШ МГУ, ИЯИ РАН)

Новые ограничения на космологические магнитные поля их фарадеевских мер вращения из каталога NVSS

// М. С. Пширков

Фарадеевские меры вращения источников из каталога NVSS были использованы для вывода новых верхних пределов на силу внегалактических магнитных полей. Вклад таких полей в меры вращения внегалактических источников был смоделирован для набора магнитных полей, обладающих разной силой и разным корреляционным масштабом. Предполагалось, что концентрация электронов коррелирована с плотностями, наблюдаемыми из распределения облаков Лайман-альфа. Ограничения основываются на наблюдаемом факте, что меры вращения слабых радио-источников не растут с увеличением их красного смещения, в то время как ожидаемый вклад от космологических полей растёт с расстоянием. Это позволило ограничить поля с масштабом корреляции Мпк: они должны быть слабее 1.2 нГс (2 сигма). Поля когерентные на хаббловском масштабе должны быть слабее 0.5 нГс. Эти ограничения не зависят от происхождения магнитных полей и приложимы как к первичным полям, образовавшимся в Ранней Вселенной, так и к космологическим полям астрофизического происхождения.

Максим Сергеевич Пширков (ГАИШ МГУ, ИЯИ РАН)

Монотонное уменьшение рентгеновского потока от нейтронной звезды J1210-5226 по данным XMM-Newton с 2001 по 2012

// М. С. Пширков, К. А. Постнов, И. Ю. Золотухин

Высокая чувствительность обсерватории XMM-Newton позволяет детально исследовать переменность объектов, наблюдавшихся несколько раз. Особый интерес представляет переменность рентгеновского потока от изолированных нейтронных звёзд, где излучение в основном формируется тепловыми процессами. Наблюдение переменности потока от таких объектов позволяет изучить особенности возможной аккреции на них и физику остывания нейтронных звёзд, что

крайне важно для понимания их внутренней структуры. На сегодняшний день есть лишь указания на остывание молодой нейтронной звезды в центре остатка *Cas A*, полученные обсерваторией *Chandra*. В данной работе изучается временная эволюцию потока от центрального компактного объекта *J1210-5226* (1E 1207.4-5209), связанного с молодым остатком сверхновой *SNR G296.5+10.0* с возрастом 7 000 лет. Наблюдения проводились в период с 2001 по 2012 год, всего было проведено 18 сеансов. За 11 лет поток в диапазоне 0.2 – 12 кэВ монотонно уменьшался и упал на 4. Предположение, что наблюдаемое уменьшение потока целиком связано с остыванием НЗ может серьезно ограничить модели внутреннего строения НЗ. Наблюдаемое уменьшение потока также может быть связано с вкладом от остатка сверхновой, и в данный момент ведётся работа по аккуратному разделению вкладов излучения от центрального источника и остатка.

Светлана Иосифовна Роговая (ИЗМИРАН)

Определение спектра внегалактических источников космических лучей сверхвысоких энергий

// С. И. Роговая

Численно решена обратная задача для системы зацепляющихся уравнений переноса протонов и различного типа ядер сверхвысоких энергий в расширяющейся Вселенной, заполненной фоновым электромагнитным излучением. Для определения состава и энергетических спектров источников используются данные о космических лучах у Земли, полученные на установке Auger.

Елена Викторовна Сейфина (ГАИШ МГУ)

Взвешивание черной дыры в ультраярком рентгеновском источнике ESO243-49 HLX-1

// Е. В. Сейфина

Мы представляем результаты наблюдений ультраяркого рентгеновского источника *ESO243-49 HLX-1*, выполненные с борта рентгеновского спутника *Swift* (2008-2015 гг.). Обнаружена значительная переменность источника и представлены наблюдательные доказательства спектральных переходов источника между состояниями с низкой и высокой светимостью. Спектры *ESO243-49 HLX-1* фитировались моделью Bulk Motion Comptonization (BMC) для всех спектральных состояний. При этом мы обнаружили фазу насыщения фотонного индекса на уровне $\Gamma = 3.0 \pm 0.1$ в терминах корреляции фотонного индекса Γ как функции темпа аккреции $\dot{M}$. Найденная зависимость Γ - $\dot{M}$ позволяет оценить массу компактного объекта в *ESO243-49 HLX-1*, 7×10^4 масс Солнца, с использованием метода скалирования в применении к этому источнику и галактическим источникам с черными дырами *XTE J1550-564*, *H 1743-322* и *4U 1630-47*, а также внегалактическому источнику *M101 ULX-1* в качестве опорных источников.

Проведено сопоставление эволюции спектральных параметров для двух ультра-ярких источников *ESO243-49 HLX-1* и *M101 ULX-1*. Показано, что корреляция $\Gamma(\dot{M})$, найденная для источника *ESO243-49 HLX-1* является подобной найденным в ряде галактических и внегалактических черных дыр и демонстрирует монотонный рост и насыщение на уровне $\Gamma = 3.0$. Это является надежным доказательством наличия черной дыры в *ESO243-49 HLX-1*. Мы также нашли, что температуры затравочных фотонов диска являются очень низкими, 50 – 140 эВ, что согласуется с большой массой ЧД в *ESO243-49 HLX-1*.

Ильяс Наилевич Сибгатуллин (МГУ им. Ломоносова)

Каскадные процессы в стратифицированных средах

// И. Н. Сибгатуллин¹, Е. В. Ерманюк^{2,3}, С. Brouzet³, Т. Dauxois³, S. Joubaud³

¹МГУ им. Ломоносова, ²ИГ им. Лаврентьева СОРАН, ³ENS de Lyon

Внутренние гравитационные волны могут переносить значительную часть энергии в астрофизических объектах, влиять на фоновую стратификацию и момент количества движения. Они могут создаваться создаваться в звездах турбулентной конвекцией, в океанах взаимодействием приливных течений и орографии. Инерционные и внутренние волны описываются похожими уравнениями. Из-за особенностей дисперсионного соотношения и характера отражения внутренних и гравитационных волн, в замкнутых областях волны после отражений от границ могут образовывать замкнутые пути, которые были названы Лео Масом в 1995 году волновыми аттракторами. В настоящее время детально разработана линейная теория волновых аттракторов и основной интерес представляют нелинейные взаимодействия и развитие неустойчивых режимов, возможность опрокидывания и перемешивание. Мы провели прямое численное моделирование волновых аттракторов в соответствии с экспериментами, проводимыми в настоящее время в Высшей Нормальной Школе Лиона (ENS de Lyon). Прямое численное моделирование реализовано с помощью спектрально-элементного метода 9-го порядка аппроксимации. Подтверждено наличие триадного резонанса на луче аттрактора с наибольшей энергией при возрастании амплитуды внешних колебаний. При дальнейшем увеличении амплитуды дочерние волны становятся также неустойчивыми, и происходит сложный каскадный процесс. Также показано, что при большом числе Прандтля-Шмидта в областях взаимодействия сфокусированных внутренних волн большой амплитуды и твердых границ могут образовываться высокочастотные складчатые структуры, которые могут перемещаться внутрь области и взаимодействовать с фоновым течением.

Елена Владимировна Соколова (ИЯИ РАН)

Исследование радио-шумных и радио-тихих пульсаров с помощью данных Fermi-LAT

// Е. В. Соколова

Орбитальный детектор Fermi LAT наблюдает более ста гамма-пульсаров, примерно треть из которых радио-тихие, т. е. радио-излучение от которых не зарегистрировано. Большинство радио-шумных пульсаров найдены в данных Fermi LAT с использованием известных радио-эфемерид, тогда как радио-тихие могут быть обнаружены только слепым поиском. Отличие методов поиска приводит к сложностям при изучении и сопоставлении популяций. Для получения однородной выборки мы применили один и тот же метод для поиска как радио-тихих так и радио-шумных пульсаров — слепой поиск среди всех точечных гамма-источников Fermi LAT. Другие данные (оптические, радио, рентгеновские) при поиске не используются. В основе метода лежит процедура быстрого преобразования Фурье над функцией числа фотонов в зависимости от времени, которая дает первичную оценку частоты вращения источника. Эта оценка затем проверяется и уточняется так называемой Н-тест статистикой. Слепым поиском был получен каталог из 40 гамма-пульсаров, из которых 25 радио-тихих и 15 радио-шумных. Каталог позволяет напрямую вычислить долю радио-тихих пульсаров, которая составляет 63 ± 8 . Это значение согласуется с существующими оценками в моделях внешней магнитосферы, в то время как в моделях полярной шапки ожидается более низкая доля радио-тихих пульсаров, а так же не наблюдаемая в каталоге зависимость доли от возраста. Возраст, поток энергии в гамма-диапазоне, потери вращательной энергии и положение на небе статистически совместимы для радио-тихих и радио-шумных пульсаров.

Леонид Николаевич Судов (СПбГУ)

Движение долгопериодических комет

// Л. Н. Судов

Параболический тип орбиты в задаче двух тел является вырожденным. Сколь угодно малое изменение эксцентриситета может превратить траекторию в эллиптическую или гиперболическую. Мы рассматриваем аналог уравнения Кеплера для двусторонней окрестности параболической орбиты. Это имеет большое значение для качественного анализа в возмущенном случае. Нами проведен анализ типичных возмущений движения долгопериодической кометы. Показаны некоторые космогонические следствия.

Рената Рифовна Тагирова (ИКИ РАН)

Автоволновые движения в областях фотодиссоциации

// Р. Р. Тагирова, К. В. Краснобаев

Проведено численное моделирование распространения возмущений акустического типа в термически неустойчивой среде. Параметры газа соответствуют областям фотодиссоциации, примыкающим к ионизационному фронту. Принимается, что нагрев среды, содержащей пылинки и крупные молекулы полициклических ароматических углеводородов, происходит вследствие фотоэмиссии электронов. Расчеты выполнены в широком диапазоне изменения условий в межзвездной среде. Охлаждение обусловлено возбуждением ионов углерода и атомов кислорода. Определены инкременты нарастания волн и характерные времена насыщения амплитуды. Построены нейтральные кривые неустойчивости в зависимости от интенсивности ультрафиолетового излучения.

Дмитрий Юрьевич Цветков (ГАИШ МГУ)

Фотометрические исследования ярких сверхновых в ГАИШ МГУ

// Д. Ю. Цветков

Представлена программа систематического фотометрического мониторинга сверхновых разных типов, осуществляемая в ГАИШ МГУ. Показаны кривые блеска наиболее интересных из исследованных объектов. Обнаружено, что сверхновая *PSNJ0728+33* в галактике *NGC2388* имеет исключительно быстрое падение блеска после максимума. Показано, что из четырех изученных сверхновых типа Ia, для которых расстояние от центров галактик превышает оптический радиус, только одна является “нормальной” СН Ia.

Лилия Михайловна Шарипова (Крымская Астрофизическая Обсерватория)

Внутриочные изменения в водородной и небулярной зонах излучения ядра сейфертовской галактики NGC1275 в эпоху 2012г

// Л. М. Шарипова, И. Ф. Бикмаев

Представлены результаты исследования формы профилей эмиссионных линий H_{β} и [OIII] $\lambda 5007 \text{ \AA}$ в оптическом спектре ядра сейфертовской галактики *NGC1275*. В работе были использованы 30 спектрограмм, полученных на 1.5-м Российско-Турецком телескопе (РТТ-150) в январе 2012 г. Приведены примеры профилей линий H_{β} и [OIII] $\lambda 5007 \text{ \AA}$. Показаны внутриочные изменения формы и ширины голубого и красного крыла профилей исследуемых линий. Полученные результаты могут служить указанием изменения условий взаимодействия галактики с окружающим ее веществом.

Надежда Николаевна Шахворостова (ФИАН)

Наблюдения космических мазеров с высоким угловым разрешением на наземно-космическом интерферометре РадиоАстрон

// Н. Н. Шахворостова

Космические мазеры являются одними из ключевых объектов, наблюдаемых с помощью наземно-космического интерферометра РадиоАстрон. Высокое угловое и спектральное разрешение интерферометра позволяет наложить ограничения на угловые размеры наиболее компактных областей мазерного излучения, а также оценить яркостные температуры этих источников. В работе представлены текущие результаты обработки данных, полученных в обзорных сеансах наблюдений мазеров. Обсуждаются оценки яркостных температур и угловых размеров ряда компактных мазерных деталей в областях звездообразования *Cepheus A*, *W3 Irs5*, *Orion KL*. Типичные значения яркостной температуры составляют для этих источников 10^{14} - 10^{16} К, угловых размеров – 45-60 и более микросекунд дуги, что соответствует линейным размерам порядка $5 \div 10 \times 10^6$ км.

Галия Салаватовна Юлчурина (МГУ ВМК)

Классификация звезда/галактика на основе данных оптического обзора SDSS с применением различных алгоритмов машинного обучения

// Г. С. Юлчурина¹, А. В. Мещеряков², С. В. Герасимов¹

¹ИКИ РАН, ²МГУ ВМК

В докладе сделан сравнительный анализ точности популярных алгоритмов машинного обучения применительно в задаче классификации звезда/галактика на основе данных из фотометрического каталога SDSS. Показано, что исследуемые алгоритмы обеспечивают существенно лучшую точность классификации слабых галактик в диапазоне звездных величин $r = 20 \div 22^{mag}$, чем стандартный алгоритм классификации обзора.

Работа поддержана грантом РФФИ 14-22-03111.

Список участников конференции

Акопян Айк Леонович (*МФТИ*), 31
Арзамасский Лев Игоревич (*Принстонский университет*), 32
Атапин Кирилл Евгеньевич (*ГАИШ МГУ*), 1
Афанасьев Виктор Леонидович (*САО РАН*), 1
Бадьин Дмитрий Алексеевич (*ГАИШ МГУ*), 32
Бакланов Пётр Валерьевич (*ИТЭФ*), 2
Балашев Сергей Александрович (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 2
Барсуков Дмитрий Петрович (*ФТИ им. Иоффе РАН, СПбПУ*), 33, 33
Белобородов Андрей (*Колумбийский университет*), 3
Бикмаев Ильфан Фяритович (*Казанский (Приволжский) федеральный университет*), 3
Блинников Сергей Иванович (*ИТЭФ*), 4
Булига Станислава Дмитриевна (*ГАО РАН*), 34
Буренин Родион Анатольевич (*ИКИ РАН*), 4, 5
Бутузова Марина Сергеевна (*Крымская Астрофизическая Обсерватория*), 34, 35
Быков Андрей Михайлович (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 5
Васильев Евгений Александрович (*ФИАН*), 5
Васильев Евгений Олегович (*НИИФ ЮФУ*), 6
Винокуров Александр Сергеевич (*САО РАН*), 35
Витка Илья Николаевич (*МФТИ*), 36
Вольнова Алина Александровна (*ИКИ РАН*), 6
Воробьёв Владимир Сергеевич (*ИКИ РАН*), 37
Гальпер Аркадий Моисеевич (*НИЯУ МИФИ*), 37
Гарасёв Михаил Алексеевич (*ИПФ РАН*), 37
Герасимов Сергей Валерьевич (*МГУ ВМК*), 38
Гильфанов Марат Равильевич (*ИКИ РАН, МРА*)
Гладилин Пётр Евгеньевич (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 38
Глазкова Валентина Владимировна (*МГУ ВМК*), 39
Гнедин Юрий Николаевич (*ГАО РАН*), 7
Гогличидзе Олег Анзорович (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 39
Гребенев Сергей Андреевич (*ИКИ РАН*), 7
Грузинов Андрей Викторович (*Нью-Йоркский университет*), 8
Губченко Владимир Михайлович (*ИПФ РАН*), 40
Гурвиц Леонид (*Joint Institute for VLBI in Europe*), 8
Гусинская Нина Валерьевна (*СПбГУ*), 41
Даниленко Андрей Андреевич (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 42
Дворников Максим Сергеевич (*ИЗМИРАН*), 42
Деришев Евгений Владимирович (*ИПФ РАН*), 9

- Дерри Сергей Томас (*МФТИ*), 43
Добрынина Александра Алексеевна (*ЯрГУ, Max Planck Institute for Physics*), 43
Додонов Сергей Николаевич (*САО РАН*), 10
Душин Вячеслав Вячеславович (*СПбГУ*), 44
Заварыгин Евгений Олегович (*СПбПУ*), 44
Зюзин Дмитрий Александрович (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 45
Казанцев Андрей Николаевич (*ФИАН, Пуштинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН*), 45
Карасев Дмитрий Иванович (*ИКИ РАН*), 46
Карпова Анна Викторовна (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 46
Каспарова Анастасия Владиленовна (*ГАИШ МГУ*), 47
Кацова Мария Михайловна (*ГАИШ МГУ*), 10
Кийков Сергей Ортабаевич (*Южно-Уральский государственный университет*), 47
Ким Виталий Юрьевич (*ГАО РАН*), 47
Клименко Вячеслав Витальевич (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 48
Кожберов Андрей Андреевич (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 48
Колбин Александр Иванович (*Казанский (Приволжский) федеральный университет*), 49
Комаров Сергей Вячеславович (*ИКИ РАН, МРА*), 11
Комарова Виктория Николаевна (*САО РАН*), 49
Кондратьев Владимир Николаевич (*Киевский Национальный университет им. Тараса Шевченко*), 49
Конторович Виктор Моисеевич (*Радиоастрономический институт НАН Украины*), 50
Корюкин Валерий Михайлович (*Марийский государственный университет*), 50
Корягин Сергей Александрович (*ИПФ РАН*), 51
Кочаровский Владимир Владиленович (*ИПФ РАН*), 11
Кравченко Евгения Васильевна (*ФИАН*), 52
Крауз Вячеслав Иванович (*НИИ Курчатовский институт*), 12
Кривонос Роман Александрович (*ИКИ РАН*), 13
Кузнецова Екатерина Александровна (*НИИЯФ МГУ*), 53
Куранов Александр Геннадиевич (*ГАИШ МГУ*), 13
Лежнин Кирилл Вячеславович (*МФТИ*), 53
Липунова Галина Владимировна (*ГАИШ МГУ*), 54
Лыскова Наталья Сергеевна (*ИКИ РАН/МРА*), 14
Лютиков Максим Юрьевич (*Purdue University*), 14
Мазаева Елена Дмитриевна (*ИКИ РАН*), 54
Маланчев Константин Леонидович (*ГАИШ МГУ*), 55
Малов Игорь Фёдорович (*Пуштинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН*), 55
Медведев Михаил Викторович (*Канзасский Университет*), 14
Медведев Павел Сергеевич (*ИКИ РАН*), 15
Мереминский Илья Александрович (*ИКИ РАН*), 15
Мещеряков Александр Валерьевич (*ИКИ РАН*), 16
Минаев Павел Юрьевич (*ИКИ РАН*), 56
Михайлов Александр Геннадьевич (*ГАО РАН*), 56, 57

- Михайлов Евгений Александрович (*МГУ физический факультет*), 57
 Моисеев Алексей Валерьевич (*САО РАН*), 16
 Мольков Сергей Владимирович (*ИКИ РАН*), 17
 Москаленко Игорь (*Стэнфордский университет*)
 Москвитин Александр Сергеевич (*САО РАН*), 58
 Нагирнер Дмитрий Исидорович (*СПбГУ*), 17
 Нацвлишвили Тинатин Михайловна (*ГАО РАН*), 58
 Никитина Елена Борисовна (*Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН*), 59
 Нохрина Елена Евгеньевна (*МФТИ*), 59
 Огнев Игорь Сергеевич (*ЯрГУ*), 60
 Опарин Дмитрий Владимирович (*САО РАН*), 60
 Панфёров Александр Анатольевич (*Тольяттинский государственный университет*), 61
 Пиотрович Михаил Юрьевич (*ГАО РАН*), 62
 Позаненко Алексей (*ИКИ РАН*), 18
 Попов Сергей Борисович (*ГАИШ МГУ*), 18
 Постнов Константин Александрович (*ГАИШ МГУ*), 19
 Потехин Александр Юрьевич (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 19
 Поутанен Юрий Иормович (*Университет Оулу*), 20
 Прокофьев Вадим Вячеславович (*МФТИ*), 62
 Просветов Артем Владимирович (*ИКИ РАН*), 63
 Птицына Ксения Владимировна (*ИЯИ РАН*), 63
 Птускин Владимир Соломонович (*ИЗМИРАН*), 64
 Пширков Максим Сергеевич (*ГАИШ МГУ, ИЯИ РАН*), 64 , 20 , 64
 Раздобурдин Дмитрий Николаевич (*ГАИШ МГУ*), 21
 Рафиков Роман (*Принстонский университет*), 21
 Роговая Светлана Иосифовна (*ИЗМИРАН*), 65
 Сазонов Сергей Юрьевич (*ИКИ РАН*)
 Сейфина Елена Викторовна (*ГАИШ МГУ*), 65
 Семена Андрей Николаевич (*ИКИ РАН*), 22
 Сибгатуллин Ильяс Наилевич (*МГУ им. Ломоносова*), 66
 Соколова Елена Владимировна (*ИЯИ РАН*), 67
 Соловьев Сергей Владимирович (*МФТИ*), 36
 Старобинский Алексей Александрович (*Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау*), 22
 Судов Леонид Николаевич (*СПбГУ*), 67
 Сулейманов Валерий Фиалович (*Институт Астрономии и Астрофизики, университет Тюбингена*), 23
 Сюняев Рашид Алиевич (*ИКИ РАН, МРА*), 23
 Тагирова Рената Рифовна (*ИКИ РАН*), 68
 Трушкин Сергей Анатольевич (*САО РАН*), 24
 Фабрика Сергей Николаевич (*САО РАН*), 24
 Финогенов Алексей Витальевич (*Хельсинкский университет*), 24
 Хабибуллин Ильдар Инзилович (*ИКИ РАН*), 25
 Хорунжев Георгий Андреевич (*ИКИ РАН*), 25
 Цветков Дмитрий Юрьевич (*ГАИШ МГУ*), 68

- Цыганков Сергей Сергеевич (*Обсерватория Туорла*), 25
Черепашук Анатолий Михайлович (*ГАИШ МГУ*), 26
Чернышов Дмитрий Олегович (*ФИАН*), 26
Чернягин Сергей Александрович (*МФТИ*), 36
Чуразов Евгений Михайлович (*ИКИ РАН, МРА*)
Шакура Николай Иванович (*ГАИШ МГУ*), 27
Шарипова Лилия Михайловна (*Крымская Астрофизическая Обсерватория*), 68
Шахворостова Надежда Николаевна (*ФИАН*), 69
Шиманский Владислав Владимирович (*Казанский (Приволжский) федеральный университет*), 27
Штернин Пётр Сергеевич (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 28
Щекинов Юрий Андреевич (*МГУ физический факультет*), 28
Юлчурина Галия Салаватовна (*МГУ ВМК*), 69
Яковлев Дмитрий Георгиевич (*ФТИ им. Иоффе РАН*), 29