

**Международная общественная организация
«Астрономическое Общество»**

ХII отчетно-перевыборный съезд

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АСТРОНОМИЯ ОТ БЛИЖНЕГО КОСМОСА
ДО КОСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАЛЕЙ»**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга

25 – 30 мая 2015 г.

Сборник резюме докладов

Редакторы – проф. Н.Н. Самусь, В.Л. Штаерман

Москва, 2015

Содержание

Пленарные доклады	4
Секция «Астрометрия и небесная механика»	13
Секция «Астрономические каталоги, обзоры, базы данных, виртуальные обсерватории»	26
Секция «Внегалактическая астрономия»	30
Секция «Звезды, планетные системы и межзвездная среда»	44
Секция «Преподавание и популяризация астрономии»	77
Секция «Современная звездная астрономия»	84
Секция «Солнце»	106

Пленарные доклады

*И.Ф. Бикмаев^{1,2}, Н.А. Сахибуллин^{1,2}, Р.А. Буренин³, Р.А. Сюняев³,
М.Н. Павлинский³, И.М. Хамитов^{4,1}*

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет

²Академия наук Республики Татарстан

³Институт космических исследований РАН

⁴Национальная обсерватория TÜBİTAK, Анталья, Турция

Наземная поддержка орбитальных обсерваторий по наблюдениям на 1.5-м телескопе РТТ-150

Современная астрономия стала всеволновой наукой и исследует Вселенную во всех диапазонах длин волн – в гамма, рентгеновской, ультрафиолетовой, оптической, инфракрасной, субмиллиметровой, радио областях спектра электромагнитного излучения. Особенностью гамма, рентгеновского и УФ диапазонов является необходимость выноса телескопов за пределы земной атмосферы. В настоящее время на околоземной орбите работают несколько гамма и рентгеновских обсерваторий, среди которых – INTEGRAL, SWIFT, XMM-Newton, CHANDRA, FERMI и др. Основными недостатками большинства рентгеновских телескопов являются малое угловое разрешение (несколько угловых минут) и малая эффективная площадь зеркал, что зачастую не позволяет им самостоятельно решать задачу отождествления, идентификации и классификации источников, которые они обнаруживают. Поэтому возникает необходимость наземной поддержки с помощью оптических телескопов для совместного решения указанных задач.

1.5-метровый Российско-турецкий оптический телескоп РТТ-150, оснащенный современным научным оборудованием (фотометры, спектрометры) принимает участие в международных программах наземной поддержки орбитальных обсерваторий (INTEGRAL, SWIFT, PLANCK) в части оптических отождествлений, спектральной классификации обнаруженных источников (активных ядер галактик, тесных двойных систем, скоплений галактик), определения их физических параметров, построения кривых блеска оптических послесвечений гамма-всплесков и др. В докладе будут приведены примеры исследований, выполняемых с помощью РТТ-150, в том числе в рамках подготовки к предстоящему в ближайшем будущем проекту СРГ.

**Международная общественная организация «Астрономическое
Общество»: история и нынешняя деятельность**

В апреле 2015 г. исполнилось 25 лет со дня создания Астрономического Общества СССР, позднее преобразованного в Международную общественную организацию «Астрономическое Общество». Возникшее, наряду со многими общественными организациями научных работников, на волне демократизации последних лет СССР, наше общество в дальнейшем не только не прекратило работу, но сохранило многие старые формы и нашло новые формы деятельности и с уверенностью смотрит в будущее. В докладе будут представлены исторические сведения о создании и первых годах работы АстрО, а также информация о его сегодняшних задачах и проблемах.

Д.З. Вибе

Институт астрономии РАН

Эволюционный цикл пыли в галактиках со звездообразованием

Предположения о существовании пыли в межзвёздном пространстве высказывались ещё в XIX веке, однако возможность обоснованно судить об оптических свойствах и химическом составе космической пыли появилась лишь во второй половине XX века, после создания инструментов для наблюдений в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах. Однако даже теперь наши представления о пыли весьма неполны. Можно уверенно утверждать, что она, главным образом, представляет собой смесь силикатных и углистых (углеводородных) частиц, но их детальная природа (особенно для углистых пылинок) пока неясна; один только анализ оптических свойств не позволяет получить однозначный ответ. Ключом к природе космических пылинок могут стать представления о механизмах их формирования и разрушения. Долгое время считалось, что пылинки, главным образом, формируются в проэволюционировавших звёздах и разрушаются ударными волнами, преимущественно при вспышках сверхновых. Однако в последнее время получены свидетельства того, что при вспышках сверхновых пылинки могут не только разрушаться, но и образовываться. Есть также указания на то, что пылинки различных видов могут формироваться не только в звёздах, но и в межзвёздной среде, точнее, в молекулярных облаках. Выработка новых представлений об эволюционном цикле космической пыли стала возможной благодаря наблюдениям излучения пыли во внегалактических объектах, охватывающих значительный диапазон

металличности и других параметров межзвёздной среды, в частности, поля излучения.

Н.В. Емельянов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Служба естественных спутников планет

Цель доклада – ответить на следующие вопросы. Что это такое – Служба естественных спутников планет? Зачем она нужна? В чем состоит эта деятельность? В докладе будут представлены важнейшие результаты, полученные за последние 6 лет, и нерешенные актуальные проблемы. Будет рассказано, кто это все делает, какие существуют аналоги в мире.

А.В. Засов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Галактики как открытые системы

Взаимодействие галактик с окружением – это не только тесное взаимодействие или слияние близких систем, но и не столь катастрофические, но более частые события, затрагивающие даже одиночные галактики. К ним относятся, например, поглощение мелких спутников, динамическое и тепловое давление окружающего газа, аккреция газа или ее остановка. Рассматриваемые процессы могут отражаться на структуре галактик, они изменяют физические параметры и химический состав межзвездного газа и влияют на процесс звездообразования, особенно во внешних областях галактических дисков. Многие из рассматриваемых вопросов остаются нерешенными.

Е.А.Карицкая

Институт астрономии РАН, Москва

**Результаты 40-летних исследований рентгеновской двойной Cyg X-1
= V1357 Cyg**

В докладе будет представлен обзор результатов 40-летних исследований с использованием различных методов и результатов наблюдений (фотометрических, спектральных и поляриметрических), с привлечением ASM/RXTE рентгеновских данных.

Орбитальный компонент фотометрической переменности, обусловленный эффектом эллипсоидальности оптической звезды, изучался с использованием модели Роша. Полученные ограничения на параметры системы и сейчас остаются актуальными. Помимо различного вида вспышек и дипов выявлены периодичности, в том числе так называемый «прецессионный период» 147/294 сут.

Анализ линейной поляризации при электронном рассеянии и переизлучении в атмосферах звезды и диска в применении к Cyg X-1 показал, что переменность линейной поляризации обусловлена в

основном рассеянием в оптически тонком газе, расположенном несимметрично относительно линии, соединяющей компоненты, а прецессия происходит в сторону орбитального движения.

Обнаружена неустойчивость перетекания вещества со сверхгиганта на вырожденный компонент. Выявленное запаздывание рентгеновской переменности относительно оптической указывает на короткое время прохождения материи через аккреционную структуру, которое противоречит модели альфа-диска.

Сопоставление наблюдаемых спектров высокого разрешения с модельными не-ЛТР спектрами позволило установить ограничения на параметры О-сверхгиганта (оптического компонента рентгеновской двойной Лебедь X-1): $T_{\text{eff}} = 30400 \pm 500$ К, $\log g = 3.31 \pm 0.07$ и избытки содержания элементов: от 0.4 dex до 1.0 dex для He, N, Ne, Mg, Si, то есть элементов-продуктов CNO- и альфа-процессов.

Исследовалась переменность профилей спектральных линий на различных временных шкалах. Фотометрическая и спектральная переменность указывает на вариации параметров сверхгиганта на временах в десятки лет. Не-ЛТР модельные расчеты и их сопоставление с наблюдениями привели к заключению, что с 1997 по 2003–2004 гг. радиус звезды возрос на ~3%, температура уменьшилась на ~2000 К. Из-за приближения поверхности к критической полости Роша усилилась неустойчивость перетекания материи, а следовательно, и наблюдаемая неустойчивость рентгеновского потока.

На основе орбитальной переменности профиля линии HeII 4686 Å были выполнены 2D и 3D томографические исследования, позволившие уточнить модель системы и получить информацию о течении газа. Получено отношение масс компонентов $1/4 \leq M_x/M_o \leq 1/3$.

Спектрополяриметрические наблюдения на 8-м телескопе VLT ESO позволили выявить на сверхгиганте магнитное поле ~100 Гс, которое может быть причиной пятен и неоднородности звездного ветра на его поверхности. Изменение конфигурации магнитного поля относительно линии донор–аккретор может привести к переменности аккреции. Согласно наблюдениям и теоретическим оценкам, перетекающая материя привносит магнитное поле ~600 Гс на внешнюю часть аккреционной структуры. Впервые получено подтверждение магнитной аккреции на черную дыру.

Ю.Ю. Ковалев

Астрокосмический центр ФИАН, Москва

Результаты первых лет работы наземно-космического интерферометра «Радиоастрон»

На высокоэллиптической орбите Земли летает и работает уникальный российский 10-метровый космический радиотелескоп «Спектр-Р», ключевой инструмент проекта наземно-космического интерферометра «Радиоастрон». Реализованный интерферометр является крупнейшим за

всю историю измерительным прибором размером от Земли до Луны. Он позволяет исследовать объекты Вселенной на сантиметровых волнах с экстремальным угловым разрешением. В докладе будут представлены свежие результаты исследования квазаров, радиогалактик, пульсаров, межзвездной среды, мазеров и гигамазеров в проекте «Радиоастрон».

О.Ю. Малков

Институт астрономии РАН
Российская Виртуальная обсерватория

Российская виртуальная обсерватория (РВО) – международный проект, курируемый Российской академией наук. Научным советом по Астрономии РАН он включен в число важнейших международных проектов РАН.

Основные цели проекта РВО:

- объединить российские информационные ресурсы для создания основы и важного компонента Российской Виртуальной Обсерватории и последующей интеграции в Международную Виртуальную Обсерваторию;
- предоставить российскому астрономическому сообществу удобный и эффективный механизм доступа к зарубежным источникам данных.

В докладе будет описано текущее положение дел по развитию РВО, представлены современные российские (и, отчасти, зарубежные) ресурсы данных в разных областях астрономии, а также дана информация об осуществляемых и планируемых работах по созданию новых, оригинальных ресурсов астрономических данных.

A.M. Mickaelian

Armenian Academy of Sciences
Astronomical Surveys and Big Data

Astronomical surveys are the main source for discovery of astronomical objects and accumulation of observational data for further analysis, interpretation, and achieving scientific results. Recent all-sky and large astronomical surveys and their catalogued data over the whole range of electromagnetic spectrum are reviewed, from Gamma-ray to radio, such as Fermi-GLAST and INTEGRAL in γ -ray, ROSAT in X-ray, GALEX in UV, SDSS and several POSS1/2 based catalogs (APM, MAPS, USNO, GSC) in optical range, 2MASS and WISE in NIR, IRAS and AKARI in MIR/FIR, NVSS and FIRST in radio and many others, as well as most important surveys giving optical images (DSS, SDSS), variability (GCVS, NSVS, ASAS, Catalina) and spectroscopic (FBS, SBS, HQS, HES, SDSS, CALIFA, GAMA) data. Overall understanding of coverage along the whole wavelength range and comparisons between various surveys are given: galaxy redshift surveys, QSO, radio, Galactic structure, and Dark Energy surveys. Present astronomical archives contain billions of objects, both Galactic and extragalactic, and the

vast amount of data on them allow new studies and discoveries. The Big Data era has come. Astrophysical Virtual Observatories (VO) use available databases and current observing material as a collection of interoperating data archives and software tools to form a research environment in which complex research programs can be conducted. Most of the modern databases give at present VO access to the stored information. This makes possible not only the open access but also a fast analysis and managing of these data. VO is a prototype of Grid technologies that allows distributed data computation, analysis and imaging. Particularly important are data reduction and analysis systems: spectral analysis, SED building and fitting, modelling, variability studies, cross-correlations, etc. Computational astrophysics has become an indissoluble part of astronomy and most of modern research is being done by means of it. Very often dozens of thousands of sources hide a few very interesting ones that are needed to be discovered by comparison of various physical characteristics. Cross-correlations result in revealing new objects and new samples. The large amount of data requires new approaches to data reduction, management and analysis. Powerful computer technologies are required, including clusters and grids. The International Council of Scientific Unions (ICSU) has recently created World Data System (WDS) to unify data coming from different science fields for further possibility of exchange and new science projects.

С.В. Пилипенко

Астрокосмический центр ФИАН, Москва
Структура Вселенной на больших масштабах

Известно, что Вселенная неоднородна: на масштабе десятков мегапарсек наблюдается ячеистая структура в распределении галактик. Анизотропия реликтового излучения свидетельствует о неоднородности распределения материи на масштабах сотен мегапарсек. По современным представлениям, неоднородности возникли в эпоху инфляции, поэтому они несут в себе чрезвычайно важную информацию для фундаментальной физики.

Существующие сегодня каталоги квазаров покрывают гигантский объем в десятки кубических гигапарсек, и поэтому, казалось бы, их можно использовать для исследования неоднородности на самых больших масштабах. Недавно появилась работа, в которой утверждалось об открытии сверхбольшой группы квазаров размером более 1200 Мпк (Кловес и др. 2013), что якобы противоречит стандартной модели космологии Лямбда-CDM.

Большие группы квазаров исследовались и раньше. Они, как правило, представляют собой скопления из десятков квазаров размерами 50–300 Мпк. Однако, ввиду сравнительно низкой пространственной плотности квазаров, поиск таких групп и интерпретация их характеристик – сложная задача. Проведенные численные эксперименты по моделированию крупномасштабного распределения квазаров позволили изучить связь

между большими группами и крупномасштабным распределением темной материи и определить долю случайных, ложных групп в каталогах квазаров.

Показано, что обнаруженная сверхбольшая группа, скорее всего, носит случайный характер. Большие группы, найденные в новом каталоге BOSS, по своим свойствам не противоречат результатам модели Лямбда-CDM в пределах достигнутой точности, которая, однако, невысока из-за искусственной неоднородности каталога. Будущие обзоры неба, такие, как "eBOSS", позволят достигнуть гораздо лучшей точности в исследовании неоднородностей во Вселенной.

В.Н. Руденко

Гос. астрон. институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Современные экспериментальные гравитационно-волновые исследования в России

После краткого обзора проводящихся в разных странах релятивистских гравитационно-волновых экспериментов мы сосредоточим внимание на двух важнейших исследованиях, сейчас проводящихся в России. Это эксперимент с оригинальным гравитационно-волновым детектором OGRAN (Opto-Acoustical Gravitational Antenna) в Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований РАН и гравитационно-волновой эксперимент Red Shift на ИСЗ «Радиоастрон».

1. Эксперимент OGRAN (С.Н. Багаев и др., 2014).

Описывается оптико-акустический детектор гравитационных волн, в структуре которого объединены принципы интерферометрических и твердотельных гравитационно-волновых антенн. Большой акустический резонатор, согласованный с оптическим интерферометром Фабри–Перо, служит чувствительным элементом для регистрации изменений градиента гравитационного поля. В предварительном эксперименте спектральная плотность зарегистрированных пространственных деформаций (вариаций метрики) составляла 10^{-19} Гц^{-1/2} на частоте 1.3 кГц в полосе ~4 Гц, которую можно расширить на порядок, соответствующим образом повысив резкость зеркал интерферометра. Новая антенна предназначена для регистрации релятивистских катастроф (событий коллапса) в Галактике и в ее ближайших окрестностях при комплексном (многоканальном) мониторинге с нейтринными телескопами Баксанской нейтринной обсерватории.

2. Эксперимент Red Shift (Бирюков и др., 2014).

Уникальную проверку Общей теории относительности можно провести с использованием космического радиотелескопа «Радиоастрон». Благодаря бортовому водородному мазерному стандарту частоты сверхвысокой стабильности и большому орбитальному эксцентриситету «Радиоастрон» является идеальным инструментом для изучения эффекта гравитационного красного смещения. Большие изменения

гравитационного потенциала с характерным временем порядка суток приводят к заметным вариациям хода бортовых водородных мазерных часов, которые могут быть зарегистрированы при сравнении со стандартами частоты на наземных радиоастрономических обсерваториях. Эксперимент требует специальных режимов работы бортовой аппаратуры, а также поддержки наземными радиотелескопами, обеспечивающими возможность постоянного слежения за космическим аппаратом и оснащенными приемниками для частот 8.4 и 15 ГГц. Предварительные оценки показывают, что для достижения точности теста около 2×10^{-5} , улучшенной на порядок в сравнении с известным результатом миссии GP-A, потребуется около 30 ч наблюдательного времени космического радиотелескопа.

В заключительной части доклада представлено краткое обсуждение запланированных на ближайшее будущее экспериментов по проверке не-Ньютоновских гравитационных эффектов в Солнечной системе.

О.К. Сильченко

Гос. астрон. институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Эволюция дисковых галактик

Будет представлен обзор последних кардинальных изменений наших представлений о формировании и эволюции дисковых галактик. Последовательность построения структурных компонент дисковых галактик – вопрос, по-разному решаемый на основе теории и наблюдений. В теории, в рамках концепции иерархического сгущивания темных гало, формирование балджей должно предшествовать формированию дисков, поскольку балджи, как и эллиптические галактики, согласно этой теории, формируются «большими слияниями», которые не в состоянии пережить хрупкие звездные диски галактик. Однако наблюдательные исследования показывают, что, например, в линзовидных галактиках групп и скоплений звездное население балджей в среднем моложе звездного населения дисков. Интересен вопрос о происхождении экспоненциальных (точнее, кусочно-экспоненциальных) форм радиальных профилей поверхностной плотности в дисках спиральных галактик. В докладе будет предложено несколько новых идей и обсуждены идеи старые, но забытые, касательно эволюции дисковых галактик и механизмов формирования их структурных компонент.

Б.В. Сомов

Гос. астрон. институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Физика солнечных вспышек

Будет представлен обзор современного состояния проблемы.

А.М. Черепашук

Гос. астроном. институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Кавказская горная обсерватория МГУ

13 декабря 2014 года состоялось официальное открытие Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ, где установлен телескоп с диаметром главного зеркала 2.5 метра. В докладе изложена история создания этой обсерватории, описаны основные характеристики телескопа и качество астроклимата в месте его установки. Приведены первые результаты наблюдений.

Н.И. Шакура, К.А. Постнов, Г.В. Липунова

Гос. астроном. институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Аккреционные диски в астрофизике

Излучением энергии аккреционных дисков объясняются наиболее яркие космические источники. В докладе описаны основы теории дисковой аккреции на звезды и компактные объекты. Даны основные уравнения, описывающие их структуру и эволюцию. Вязкость во вращающемся веществе приводит к его нагреву, а также к перераспределению момента импульса, в результате которого происходит аккреция вещества на центральный объект. Наиболее устойчивой моделью является α -вязкость. Происхождение вязкости в диске является одной из горячих проблем астрофизики. С помощью теории можно описать наблюдаемые транзиентные явления в аккреционных дисках и тем самым поставить наблюдательные ограничения на параметр α . Наблюдения указывают на значения $\alpha > 0.1$. В то же время в численных моделированиях магнито-ротационной неустойчивости получают значения $\alpha < 0.1$. В докладе рассказывается про новый вид вязких неустойчивостей.

В.В. Шевченко

Гос. астроном. институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Современный этап исследования планет Солнечной системы

Сегодня развитие космической техники позволяет широким фронтом охватить изучение природы планет Солнечной системы во всем ее многообразии. Новости непрерывным потоком поступают из разных областей нашей планетной системы. В конце апреля этого года падением на Меркурий завершит свою миссию, продолжавшуюся 10 лет, космический аппарат «Мессенджер». Пока еще продолжают поступать новости о природе самой близкой к Солнцу планеты. А 14 июля 2015 года, как ожидается, космическая станция «Новые горизонты» приблизится на минимальное расстояние к Плутону – одному из самых удаленных от Солнца объектов. После пролёта мимо Плутона аппарат, возможно, изучит один из объектов пояса Койпера. Полная миссия

«Новых горизонтов» рассчитана на 15–17 лет. После обнаружения водяных льдов на всегда считавшейся безводной Луне, почти уже доказанного существования в прошлом обширных водоемов на Марсе, наблюдения фонтанов, бьющих из-под поверхности Энцелада, обнаружения океанов в глубинах Европы и Ганимеда, нашу Солнечную систему можно рассматривать под девизом: вода, везде вода. Наиболее оптимистически настроенные исследователи считают, что такое обилие воды можно рассматривать в качестве указания на возможное существование внеземной жизни. Конечно, новые данные породили множество новых вопросов. Но ведь это и значит, что современный этап исследования планет Солнечной системы открывает перспективу дальнейшего бурного развития знаний о нашем большом доме во Вселенной!

Секция «Астрометрия и небесная механика»

А.Э. Байдин

Ярославский государственный медицинский университет

Изучение точности спекл-интерферометрических наблюдений двойных звёзд

Рассматриваются два подхода к оценке точности наблюдений двойных звёзд по среднеквадратичным отклонениям: в первом обрабатываются данные отдельно взятых инструментов, используются поправки на малое количество наблюдений, во втором исследуется вся совокупность данных, применяется последовательное уточнение.

В настоящее время в четвёртом интерферометрическом каталоге собрано большое количество наблюдений двойных звезд с периодом обращения ~10 лет. Появляется возможность определять элементы орбит по наблюдениям отдельно взятых исследователей или совместно работающих групп и, как следствие, оценить точность инструмента независимо от других техник измерений. Преимущество этого подхода в том, что при определении элементов орбит не требуется задавать веса наблюдениям, но появляется новая трудность: малое количество данных. Чем меньше наблюдений используется для определения элементов орбит, тем больше различия между истинными ошибками измерений и отклонениями ($O-C$). В работе в ходе численных экспериментов с эталонными данными изучено, как величина среднеквадратичного отклонения изменяется при изменении количества наблюдений, длины дуги, охваченной ими, погрешностей, вносимых в них. Полученная информация позволила ввести поправку на малое количество наблюдений, с использованием которой были оценены точности наиболее распространённых в четвёртом интерферометрическом каталоге наблюдений: CHARA speckle, БГА, Norch (Hor).

Рассматривается возможность использования стандартного подхода, когда орбиты определяются по всей совокупности данных. Ранее многие авторы отмечали, что если одновременно обрабатывать данные различной точности, не задавая веса, то получаемые среднеквадратичные отклонения для различных техник наблюдений не соответствуют ошибкам наблюдений. В работе в ходе численных экспериментов с эталонными наблюдениями доказано, что при обработке больших совокупностей данных для оценки точности можно использовать метод последовательных приближений: сначала веса всех наблюдений принять равными, затем при повторных обработках всей совокупности данных для задания весов использовать среднеквадратичные ошибки, полученные на предыдущем этапе. Сходимость к истинным значениям ошибок происходит очень быстро, в идеальных смоделированных ситуациях на втором шаге алгоритма значения среднеквадратичных отклонений соответствуют вводимым ошибкам в наблюдения.

Ю.В. Баркин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Аномальные вековые изменения большой полуоси и эксцентриситета лунной орбиты в современную эпоху и их возможная интерпретация

Обсуждаются необъясненные на сегодня аномальные вековые изменения большой полуоси и эксцентриситета лунной орбиты, обнаруженные по лазерным наблюдениям Луны. Показано, что эти эффекты в орбитальном движении Луны могут быть следствиями относительных смещений ядра и мантии Луны, которые приводят к отклонению центра масс Луны относительно ее мантии и коры по направлению к обратной стороне со скоростью 5–8 мм/год. Аномальные орбитальные эффекты содержатся лишь в данных лазерных наблюдений и, по-видимому, связаны с пространственным характером смещений центра масс Луны относительно системы рефлекторов на поверхности Луны.

Ю.В. Баркин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Относительная динамика оболочек планет и спутников как основной механизм вариаций их природных процессов

Ключевым вопросом теории природных планетарных процессов на Земле и на других небесных телах является вопрос об источниках энергии их эндогенной активности и об основном механизме энергетического циклического возбуждения небесных тел. Предлагается решение этой вековой проблемы на основе механизма возбуждения оболочек небесного тела внешними небесными телами. Планеты, спутники и Солнце представляют собой системы эллипсоидальных и эксцентричных оболочек (ядро, мантия и др.), которые совершают друг относительно

друга малые поступательно-вращательные движения, претерпевают деформационные и иные изменения под гравитационным влиянием всех окружающих небесных тел. Изучены приливы в вязкоупругой мантии планеты, которые порождаются гравитационными силами взаимодействия с подвижным ядром. Их изменение во времени приводит к рассеянию механической энергии в материале планеты (в мантии), которая переходит в тепло и формирует температурное поле внутри планеты. Получили интерпретацию и объяснение важнейшие планетарные процессы на Земле и других небесных телах, высокая эндогенная активность, цикличность, синхронность, активность полярных регионов и др.

Л.Е. Быкова, О.Н. Летнер

Томский государственный университет

**Исследование регулярной и хаотической динамики АСЗ,
сближающихся с Юпитером и движущихся в окрестности
орбитальных резонансов с ним**

Представлены результаты исследования орбитальной эволюции астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ) и Юпитером и движущихся в окрестности орбитальных резонансов с ним. При этом рассмотрены сближения с Юпитером в пределах 1 а.е. и резонансы до 10 порядка включительно. В процессе исследования решены следующие задачи:

- на интервале времени несколько тысяч лет выявлены все АСЗ, сближающиеся с Юпитером и движущиеся в окрестности орбитальных резонансов с ним;
- проведен анализ имеющихся наблюдений ряда выявленных АСЗ, построены доверительные области в виде эллипсоидов ошибок начальных параметров орбит и исследована их эволюция;
- выполнено исследование возможной хаотичности орбит рассмотренных АСЗ с помощью индикатора MEGNO и проведен анализ влияния этого фактора на эволюцию областей их возможных движений.

Приведен перечень АСЗ с указанными свойствами движения, в который вошли 92 объекта. Большая часть выявленных АСЗ (85 из 92) находится в окрестности резонансов $2/1$, $3/1$, $5/2$ и $7/3$, которые соответствуют люкам Кирквуда. Только 69 объектов из их числа имеют хорошо определенные орбиты.

Все исследования выполнялись численными методами в среде параллельного программирования на кластере ТГУ «СКИФ CYBERIA» с использованием длинной разрядной сетки.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-02-02868.

М.А. Вашковьяк

Институт прикладной математики им. М.В Келдыша РАН

Интегрируемые случаи задачи об эволюции спутниковых орбит под действием сжатия планеты, притяжения её массивных спутников и Солнца

Настоящий доклад – естественное продолжение исследований по эволюции орбит под действием гравитационных возмущений, выполненных в работах М.Л. Лидова и У. Козаи в начале 60-х годов прошлого века. В этих работах выявлены главные особенности эволюции орбит спутников и астероидов под влиянием вековых возмущений от внешней притягивающей материальной точки, в частности, эффект сильного возрастания эксцентриситета орбиты при постоянной большой полуоси с одновременным уменьшением расстояния перицентра, вплоть до падения спутника на поверхность планеты конечного радиуса. Данный эффект получил в небесно-механической литературе название механизма (и резонанса) Лидова–Козаи. Позднее в трудах этих ученых эволюционная задача была рассмотрена при дополнительном учете возмущений от сжатия планеты.

В докладе рассматривается небесно-механическая задача о совместном влиянии трёх возмущающих факторов (сжатия центральной планеты, притяжения ее наиболее массивных, или главных, спутников и Солнца) на эволюцию орбиты спутника пренебрежимо малой массы. Эволюционная модель, используемая в вышеупомянутых работах, не включала в число возмущающих факторов притяжение главных спутников. В то же время, влияние этого фактора на процесс орбитальной эволюции может оказаться достаточно заметным – оно и является предметом предлагаемого исследования. В рассматриваемой новой эволюционной ограниченной задаче наибольший интерес представляет изучение той области околопланетного пространства, в которой влияние на спутник указанных возмущений попарно или в совокупности сравнимо по величине. В данной работе получена эволюционная система уравнений, описывающая изменение элементов спутниковой орбиты в плането-экваториальной системе координат для произвольного угла между экваториальной плоскостью планеты и плоскостью её гелиоцентрической орбиты. В общем случае рассматриваемая система не интегрируема. Тем не менее, она имеет ряд частных решений и интегрируемых случаев. В докладе описаны все эти случаи, намечены пути их возможного исследования и применения к реальным спутниковым системам планет.

**Об устойчивости движения планет под влиянием сближающейся с
Солнечной системой звезды**

В рамках ограниченной задачи трех тел исследовано пространственное движение пассивно-гравитирующего тела – планеты при сближении с Солнечной системой звезды. Использовано точное выражение силовой функции, без разложения ее в ряд. Найдено интегральное инвариантное соотношение – квазиинтеграл и определены области возможного движения пассивно-гравитирующего тела. Построены поверхности минимальной энергии, являющиеся обобщением поверхностей нулевой скорости, определены стационарные решения – особые точки, установлены их тип и устойчивость в смысле Ляпунова. Исследована устойчивость в смысле Хилла движения планет при сближении с Солнечной системой на минимальное перигелийное расстояние от 50 а.е. до 100 а.е. пробной звезды с массой от одной до пяти солнечных масс.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики (грант № EIF–2013 - 9(15) - 46/14/1).

**Анализ точности определения орбиты астероида Апофис с помощью
измерений системы «Небосвод»**

В докладе анализируются точностные характеристики разрабатываемого космического комплекса «Небосвод». Комплекс предназначен для обнаружения опасных небесных тел с целью своевременного предупреждения о возможной астероидно-кометной угрозе. В комплексе функционируют один или два космических аппарата (КА) на геосинхронных орбитах. На каждом КА есть высокоточный сканирующий телескоп, с помощью которого осуществляется опознавание астероидов и определение прямого восхождения и склонения линии визирования астероида.

Разработаны алгоритмы для определения орбиты астероида, сближающегося с Землей, по результатам оптических измерений с одного КА или с двух КА. Для определения параметров движения астероида по данным измерениям выбран метод наименьших квадратов. Рассмотрена также задача определения начального приближения для параметров орбиты по нескольким первым угловым измерениям.

Разработаны алгоритмы оценки точности для определения элементов орбиты астероида, в частности, вектора прицельной дальности орбиты астероида и точки пересечения орбитой картинной плоскости у Земли. При оценке точности предполагается, что есть случайные и систематические ошибки измерений. Оценка точности сделана с использованием аналитического метода и метода статистических испытаний Монте-Карло.

Выполнено моделирование процесса измерений и определения орбиты астероида, получены оценки точности навигации. При этом исследована орбита астероида, близкая к орбите Апофиса. На данном этапе анализа рассмотрен участок движения астероида, близкий к сближению с Землей в 2029 г., и более удаленные от Земли участки движения астероида. Даны оценки точности определения элементов орбиты и вектора прицельной дальности орбиты астероида для разных исходных точностей оптических измерений и разных программ измерений, для случаев измерений одним и двумя КА. Анализ результатов показывает, что результаты обоих методов оценки точности – аналитического и статистических испытаний – близки друг к другу. Моделирование показало, что комплекс «Небосвод» довольно хорошо определяет орбиту астероида.

В.В. Ивашкин^{1,2}, А. Лан²

¹Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

²МГТУ им. Н.Э. Баумана

Динамика движения космического аппарата вокруг астероида Апофис

В рамках исследования характеристик возможной экспедиции к астероиду Апофис выполнен анализ орбитального движения КА вокруг астероида. В соответствии с рассмотренной схемой полета предполагается, что после подлета к астероиду основной КА переходит на низкую орбиту спутника Апофиса и, двигаясь по этой орбите в течение примерно 7 сут., проводит исследование характеристик астероида. Кроме того, предполагается выведение специального мини-аппарата (зонда) на более удаленную орбиту спутника астероида, чтобы после отлета основного КА к Земле продолжить измерения и уточнение параметров орбиты Апофиса в течение более длительного времени, примерно нескольких лет.

Для данной схемы экспедиции выполнен первый этап анализа устойчивости движения КА вокруг астероида. При этом были учтены три типа возмущений: притяжение удаленных небесных тел (Солнце, Земля, Луна, Венера, Юпитер), влияние несферичности Апофиса и давление солнечного света. Для анализа использованы уравнения астероидоцентрического движения КА с учетом указанных возмущений. При этом для анализа влияния несферичности астероида на данном этапе использована модель однородного удлиненного эллипсоида вращения

вокруг оси минимального момента инерции. На данном этапе анализа предполагается также, что имеет место одноосное вращение эллипсоида вокруг его большой оси, ориентация которой постоянна в пространстве. Принято, что гравитационный параметр Апофиса в основном варианте анализа равен $2.86 \text{ м}^3/\text{с}^2$, средний радиус Апофиса – 160 м, масса и диаметр мини-зонда равны 10 кг и 40 см. Начальные орбиты КА рассмотрены круговыми с радиусом в диапазоне от 0.5 до 2 км.

Анализ показал, что можно подобрать орбиту основного КА (радиусом около 0.5 км) и орбиту мини-аппарата (радиусом около 1.5 км) так, что в рамках рассмотренной модели их движения будут довольно стабильны в течение достаточно продолжительного времени – около двух недель для основного КА и нескольких лет для мини-аппарата.

В.Г.Комендант¹, Н.И.Кошкин², М.И.Рябов³, А.Л.Сухарев³

¹Кафедра астрономии Одесского национального университета им.

И.И. Мечникова, Одесса, Украина

²Астрономическая обсерватория Одесского национального университета

им. И.И. Мечникова, Одесса, Украина

³Одесская обсерватория «Уран-4» Радиоастрономического института

Национальной академии наук Украины

**Периодические вариации плотности верхней атмосферы Земли,
связанные с проявлением космической погоды и влиянием
солнечных и лунных приливов по данным наблюдений ИСЗ**

Применение метода частотно-временного анализа позволяет выявить детальную структуру проявления влияния состояния космической погоды на верхнюю атмосферу Земли. Чувствительным индикатором таких изменений являются низкоорбитальные искусственные спутники.

Рассмотрена динамика торможения пяти низкоорбитальных спутников как индикаторов проявления влияния космической погоды на верхнюю атмосферу Земли. Исследуемый период включает: фазы спада и длительного минимума 23 цикла солнечной активности (2005–2008 гг.), фазы роста и максимума 24 цикла активности (2009–2013 гг.).

В динамике торможения всех исследуемых ИСЗ отчетливо проявляются регулярные эффекты торможения с продолжительными периодами (2–4 года) и короткопериодические эффекты с периодами менее года. Отчетливо проявляются результаты спорадических воздействий рентгеновского и ультрафиолетового излучения мощных солнечных вспышек, потоков электронов и протонов, корональных выбросов массы (СМЕ), ударных волн в солнечном ветре.

Проведена частотно-временная обработка суммарного приливообразующего потенциала от Солнца и Луны на нескольких широтах Земли. С изменением широт проявляются периоды разной продолжительности. Периоды около двух месяцев на широтах выше 60° обнаружены на всех исследуемых спутниках.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для определения комплексного воздействия различных проявлений космической погоды на состояние верхней атмосферы.

С.М. Кудрявцев

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Разложение численных эфемерид планет в компактные аналитические ряды

Выполнен гармонический анализ на интервале времени в 30 000 лет (13 000 г. до н.э. – 17 000 г. н.э.) элементов орбит больших планет Солнечной системы, полученных на основе численной эфемериды планет DE431. Для этого использовалась авторская модификация метода спектрального анализа, где, в отличие от классического анализа Фурье, амплитуды и аргументы членов ряда итогового разложения представляются полиномами высокой степени от времени. Определены фундаментальные частоты элементов орбит планет, хорошо совпадающие для главных членов с аналогичными частотами в современных аналитических теориях движения планет VSOP2013 и TOP2013. На исторических интервалах времени, превышающих несколько тысяч лет, полученные разложения представляют численные значения средних долгот больших планет из эфемериды DE431 с точностью в несколько раз лучшей, чем TOP2013, и примерно на 1–2 порядка лучше, чем VSOP2013. При этом новое аналитическое разложение является существенно более компактным, чем исходные численные эфемериды DE431 и теории VSOP2013 и TOP2013.

Э.Д. Кузнецов, П.Е. Захарова, Д.В. Гламазда

Коуровская астрономическая обсерватория, Уральский федеральный университет

Исследование динамической эволюции высокоорбитальных космических объектов в окрестности резонансов по результатам позиционных наблюдений

Рассматривается динамическая эволюция объектов на орбитах типа «Молния» в окрестности зон резонансов. Начальные условия соответствуют высокоэллиптическим орбитам с эксцентриситетом 0.65 и критическим наклоном 63.4 градуса. Значения большой полуоси варьируются от 26000 до 27100 км. В этой области расположены область резонанса низкого порядка 1:2 и 17 областей резонансов высоких порядков $p:q$ между средним угловым движением орбитальных элементов и угловой скоростью вращения Земли ($15 < |p| < 26$, $32 < |q| < 50$, порядки резонансов $48 < |p| + |q| < 75$).

Динамическая эволюция на коротких интервалах времени исследована на основе позиционных наблюдений высокоорбитальных

объектов на телескопе СБГ Коуровской астрономической обсерватории УрФУ.

Изучение динамической эволюции на длительных интервалах времени выполнялось на основе результатов численного моделирования. Использовалась «Численная модель движения искусственных спутников Земли», разработанная в НИИ Прикладной математики и механики Томского государственного университета. Модель возмущающих сил учитывает основные возмущающие факторы: гравитационное поле Земли, притяжение Луны и Солнца, приливы в теле Земли, световое давление с учетом тени Земли, эффект Пойнтинга–Робертсона, сопротивление атмосферы. Отношение миделева сечения к массе варьировалось от малых значений, соответствующих спутникам, до больших — соответствующих космическому мусору.

Результаты численного моделирования движения объектов, движущихся по высокоэллиптическим орбитам, показывают, что орбитальная эволюция существенно зависит от начального значения долготы восходящего узла. В зависимости от ориентации плоскости орбиты в пространстве падение объектов с большой парусностью на Землю происходит при значениях парусности от 3 до 16 м²/кг.

Положение и размер резонансных зон были уточнены по результатам численного моделирования. Вековые возмущения большой полуоси орбиты, вызываемые сопротивлением атмосферы и эффектом Пойнтинга–Робертсона, приводят к прохождению спутником через зоны резонансов высоких порядков. Последовательные прохождения через резонансы высоких порядков приводит к формированию слабо стохастических траекторий. Для анализа стохастических свойств траекторий использовалась интегральная автокорреляционная функция. Формирование слабо стохастических траекторий происходит в том случае, если возмущения от сопротивления атмосферы имеют порядок, сравнимый с возмущениями, обусловленными влиянием эффекта Пойнтинга–Робертсона. При сильных возмущениях от сопротивления атмосферы вековые возмущения большой полуоси орбиты приводят к быстрому прохождению спутником областей резонансов высоких порядков, что исключает возможность формирования слабо стохастических траекторий на основе описанного механизма.

Основные результаты получены на оборудовании уникальной научной установки «Коуровская астрономическая обсерватория». Работы проведены при финансовой поддержке государства в лице Министерства образования и науки Российской Федерации (уникальный идентификатор проекта RFMEFI59114X0003) в части исследования орбитальной эволюции и при финансовой поддержке РФФИ (грант 13-02-00026-а) в части исследования формирования стохастических траекторий.

О перспективе эволюционного движения короткопериодических комет с периодом около семи лет

К исследованию комет Джакобини–Циннера и Понса–Виннеке, а также их смоделированных метеороидных комплексов была применена построенная компьютерная технология. Эта технология осуществляет вероятностное моделирование процесса дезинтеграции небесных объектов кометного типа и их дальнейшего эволюционного движения. Целью работы является детализация орбитального движения названных комет на длительном интервале времени: от момента первого наблюдения до 2100 года. При этом, кроме вероятностного выброса вещества в различных точках родительской орбиты, в технологии учитывался гравитационный фактор в форме трех компонентов: задачи n тел (при $n \geq 2$), гравитационных возмущений от больших планет и влияния гравитационного потенциала Земли при приближении к ней малого тела. Проведен достаточно подробный анализ полученных вариаций орбитальных элементов названных объектов, выявлены границы их периодических изменений как по величине значений, так и по временному циклу. Приводятся вычисленные даты прохождения перигелия, их сопоставление с аналогами, полученными другими методами по данным наблюдений. На расчетном интервале наблюдается тенденция «смещения перигелия» метеороидных роев, смоделированных при выбросе вещества из ядра кометы со скоростями от 10 м/с до 100 м/с, с приращением 10 м/с. Предполагается вероятным в будущем повторение интенсивных метеорных потоков в атмосфере Земли, аналогичных наблюдавшимся в прошлом.

О влиянии сближающейся с Солнечной системой звезды на элементы орбиты планет

В рамках ограниченной задачи трех тел исследовано пространственное движение пассивно-гравитирующего тела. Использовано точное выражение силовой функции, без ее разложения в ряд. Исследовано влияние возмущающего тела (звезды) при его сближении с центральным телом (Солнцем) на орбиты пассивно-гравитирующего тела – планеты. Показано, что сближаясь по параболической или гиперболической орбите с Солнечной системой на минимальное перигелийное расстояние от 50 а.е. до 100 а.е., пробная звезда с массой от одной до пяти солнечных масс мало влияет на размеры

и форму орбит Венеры, Земли и Марса. Изменения формы и размеров орбиты Сатурна значительны, а Юпитера – незначительны. Орбиты далеких планет, Урана и Нептуна, сильно изменяются, и они могут быть захвачены пробной звездой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики (грант № EIF–2013 - 9(15) - 46/14/1).

Н.И. Перов

Культурно-просветительский центр имени В.В. Терешковой, Ярославль
Квазиизотермические траектории экзопланет

Известны десятки факторов, необходимых для возникновения и развития *живой* материи. Например, для эволюции жизни земного типа необходимо определенное сочетание значений таких параметров, как температура звезды, большая полуось и эксцентриситет орбиты планеты, осевой период вращения планеты, угол между плоскостью экватора планеты и орбитальной плоскостью планеты, космические воздействия на планету, наличие воды на поверхности и пара в атмосфере планеты, интенсивность вулканов, масса спутника планеты, зависимость «энергия–масса–пища–размеры животных». В работе утверждается существование устойчивых квазиизотермических орбит обитаемых планет m_3 в двойных звездных системах в рамках плоской круговой ограниченной задачи трех тел. (Обычно в исследованиях подобного типа рассматриваются системы «звезда – планета».)

С использованием известных уравнений небесной механики для рассматриваемой модели движения и зависимости температуры планеты от расстояний до звезд (для системы «звезда–планета» температура обратно пропорциональна корню квадратному из расстояния планеты от звезды) определялись области движения планет, в которых температура планет остается почти постоянной.

В ходе численных экспериментов отношение масс звезд, входящих в систему, полагали равным $m_1/m_2=50$. Для всех случаев выбирали следующие начальные условия (во вращающейся системе координат): $x_1 \neq 0$, $dx_1/dt=0$, $y_1=0$, $dy_1/dt=0$, $x_2 \neq 0$, $dx_2/dt=0$, $y_2=0$, $dy_2/dt=0$, $x_3 \neq 0$, $dx_3/dt=0$, $y_3=0$, $dy_3/dt \neq 0$. Движение планет рассматривалось на интервалах времени, соответствующих сотням и тысячам оборотов основных тел m_1 и m_2 .

Из расчетов вытекает, что существуют (теоретически) квазиизотермические траектории обитаемых планет ($-40^\circ\text{C} < T < +40^\circ\text{C}$) в двойных звездных системах в форме узких колец – а) около звезды–спутника; б) около главной звезды; в) около обеих звезд (траектория планеты охватывает обе звезды). Кроме того, обнаружены «розеточные» траектории планет с почти постоянной температурой.

Культурно-просветительский центр имени В.В. Терешковой, Ярославль
Малые тела Солнечной системы с замкнутыми траекториями

Известно около 700000 малых тел в Солнечной системе. В работе в рамках плоской круговой ограниченной задачи трех тел (Солнце–планета–частица) устанавливаются (с помощью подбора начальных условий и с использованием методов численного интегрирования) узкие, замкнутые устойчивые области движения тел с нулевой массой в рассматриваемой модели. Эти области являются, возможно, зонами концентрации неоткрытых небесных тел, движущихся по «тонким» замкнутым траекториям.

Отметим следующие результаты, полученные в рамках данной небесномеханической модели движения малого тела: а) найденные *реальные (модельные)* траектории отличаются от известных кривых нулевых скоростей – скорость малого тела только в *начальный* момент времени равна 0; б) недавно открытый астероид 2010 SO16 движется вдоль подковообразной траектории вблизи орбиты Земли, сближаясь с Землей, не сталкиваясь с ней, поэтому можно предположить, что существуют неоткрытые малые тела в системах «Солнце – большая планета»; в) обнаружены «странные» – в виде пятиконечных звезд – узкие замкнутые траектории малых тел в системах «Солнце–планета» (Солнце–Сатурн, Солнце–Юпитер, Солнце–Уран, Солнце–Нептун и даже Солнце–Плутон) – области для поиска неизвестных пока объектов; г) для данных небесномеханических систем указаны и *протяженные* области поиска неотожествленных небесных тел – в поясах Койпера, Казимирчак-Полонской и главного пояса астероидов; д) предложенная модель не противоречит известным небесномеханическим моделям происхождения некоторых астероидов, из указанных выше «поясов», а также короткопериодических комет (переход с планетоцентрических орбит на гелиоцентрические орбиты и наоборот).

В.Н. Семенов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Высокоточные небесные системы отсчета в оптическом и радиодиапазонах и используемые шкалы времени

Достигнутый в последние три десятилетия уровень точности астрометрических наблюдений (точность определения координат достигает ~ 1 mas в оптическом и лучше 50 μ as в радиодиапазоне) привел к существенным изменениям в процедуре составления фундаментальных каталогов, шкалах астрономического времени и в астрометрическом обеспечении обработки наблюдений. С другой стороны, прогресс в точности ставит и новые проблемы в построении моделей оптических и радиоисточников в фундаментальных каталогах, а также в исследовании неинерциальности используемых систем отсчета.

Н.С. Сидоренков
Гидрометцентр России
**Соизмеримости между частотами земных процессов и частотами
системы Земля–Луна–Солнце**

250 лет назад Христиан Гюйгенс открыл явление самосинхронизации маятниковых часов. Сейчас показано, что явление синхронизации – это, по выражению И.И. Блехмана, «свойство материальных объектов самой различной природы вырабатывать единый ритм совместного движения, несмотря на различие индивидуальных ритмов и на подчас весьма слабые взаимные связи». Широко известны синхронизации (соизмеримости) частот обращений и вращений планет и спутников в Солнечной системе.

В последних работах автора установлены соизмеримости частот чандлерова движения полюсов Земли (ЧДП) и квази-двухлетней цикличности направления ветров атмосферы (КДЦ) с фундаментальными частотами системы Земля–Луна–Солнце. Частоты ЧДП и КДЦ являются линейными комбинациями трех частот: 1) годового обращения системы Земля–Луна вокруг Солнца; 2) прецессии лунной орбиты и 3) движения перигея Луны. Между частотами КДЦ и ЧДП имеется соизмеримость 1:2. В Мировом океане явление Эль Ниньо – Ла Ниньо не имеет стабильной частоты, но проявляет тягу к супергармоникам частот ЧДП и КДЦ.

Механизмы возникновения таких соизмеримостей, вероятно, связаны с лунными и солнечными приливами, которые постоянно колеблют земные оболочки. Свидетельством этому служит наблюдательный факт, что изменения погоды синхронизируются приливными колебаниями скорости вращения Земли. Они имеют медленную и быструю «вибрационную» составляющие. Для выделения медленной составляющей используются методы вибрационной механики.

П.П. Ясько, В.В. Орлов
Санкт-Петербургский государственный университет,
Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН
Ближкие к периодическим орбиты в общей задаче трех тел

Цель исследования – поиск близких к периодическим орбит в общей задаче трех тел равных масс с нулевым моментом вращения. Поиск проводился при помощи сканирования областей начальных условий: находились точки, окрестности которых могут содержать начальные условия для точных периодических орбит. Для определения таких точек использовались два критерия: 1) минимум функционала, равного сумме квадратов разностей начальных и текущих значений координат и скоростей тел, был меньше заданного фиксированного значения; 2) момент времени достижения этого минимума не превышал 100 средних времен пересечения компонентом тройной системы. Обнаружено несколько десятков областей начальных условий, каждая из которых соответствует определенной периодической орбите. Построены

траектории движения тел с начальными условиями в обнаруженных областях. Описаны некоторые свойства структуры найденных орбит.

Секция «Астрономические каталоги, обзоры, базы данных, виртуальные обсерватории»

Н.Т. Ашимбаева, В.Н. Семенцов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Новая редакция каталога HDEC

Представлена новая версия каталога HDE на картах (HDEC, III/182 по Страсбургской классификации – Nesterov V.V., Kuzmin A.V., Ashimbaeva N.T., Volchkov A.A., Roser S., Bastian U. The Henry Draper Extension Charts: A catalogue of accurate positions, proper motions, magnitudes and spectral types of 86933 stars. Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 1995, V. 110, P. 367). Этот каталог содержит 88883 записей, среди которых более 3500 записей о компонентах двойных систем (всего выявлено 1783 кратных систем) оказались отягощены алгоритмической ошибкой. Спектральная классификация этих объектов была исправлена вручную с привлечением данных CDS. Также были исправлены отдельные ошибки каталога, обнаруженные авторами и коллаборацией пользователей HDEC.

Н.И. Бондарь, М.А. Горбунов, А.А. Шляпников

Крымская астрофизическая обсерватория

Базы данных публикаций и наблюдений в структуре Крымской астрономической виртуальной обсерватории

Рассмотрены основные принципы формирования баз данных (БД) с информацией об объектах и их физических характеристиках, полученных в результате наблюдений в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО) и опубликованных в «Известиях КрАО» или других изданиях. Основное внимание уделено БД, которые не представлены в наиболее полной мировой библиотеке каталогов и таблиц данных – VizieR, поддерживаемой Центром астрономических данных в Страсбурге. Изложен принцип формирования цифрового архива наблюдательного материала, полученного в КрАО, как интерактивной БД, связанной с БД объектов и публикаций. Приводится описание всех рассмотренных БД как элементов, интегрированных в разрабатываемый проект Крымской астрономической виртуальной обсерватории. Работа с БД КрАО проиллюстрирована с использованием инструментов Международной виртуальной обсерватории Aladin, VOPlot, VOSpec во взаимодействии с БД VizieR и Simbad.

Ресурсы астрономических данных о двойных и кратных звездах

Двойные и кратные звезды весьма многочисленны и, по разным оценкам, могут составлять от 60% до более чем 90% среди звезд Галактики. Разнообразие существующих ресурсов астрономических данных о двойных и кратных звездах обусловлено разнообразием способов, которыми может быть зарегистрирована их двойственность. Среди наиболее широко представленных наблюдательных типов двойных звезд – визуальные двойные (широкие пары, компоненты в которых наблюдаются по отдельности), затменные двойные (тесные пары, плоскость орбиты которых ориентирована вдоль луча зрения таким образом, что компоненты периодически частично или полностью затмевают друг друга с точки зрения земного наблюдателя), спектроскопические двойные (демонстрирующие периодическое доплеровское смещение линий в спектре), интерферометрические двойные (разрешаемые на компоненты интерферометрическими методами) и др.

Различные методики и цели наблюдений этих наблюдательных типов двойных звезд приводят к тому, что для каждого из них имеются свои ведущие ресурсы астрономических данных (каталоги и базы данных). Проведен обзор базовых ресурсов данных для каждого наблюдательного типа двойных и кратных звезд. Несмотря на то, что многие двойные и кратные звезды принадлежат более чем к одному наблюдательному типу, эффективное использование данных каталогов для них бывает затруднено проблемами кросс-идентификации, связанными с разнообразием систем обозначений звезд и их компонентов. База данных о двойных и кратных звездах BDB (Binary star DataBase, <http://bdb.inasan.ru>) создана для объединения данных о звездах всех наблюдательных типов. В рамках ее развития была также создана новая согласованная система обозначения объектов в двойных и кратных звездах BSDB и создается полный каталог кросс-идентификаторов ILB (Identification List of Binaries).

Л.В. Рыхлова, Е.С. Баканас

Институт астрономии РАН, Москва

Базы данных по малым телам Солнечной системы (кометы, астероиды, метеороиды)

С 1948 года по настоящее время все выполняемые в мире наблюдения малых тел Солнечной системы по электронным каналам связи поступают в Международный центр малых планет. Этому предшествовала полувековая история – от открытия первого астероида в 1801 год (как «недостающей» планеты между орбитами Марса и Юпитера) до нынешнего потока вновь открываемых астероидов. Первая попытка организации Международной службы малых планет была сделана на

Парижской эфемеридной конференции в 1911 г. Несколько лет работы Европейских вычислительных центров и обсерваторий были прерваны войнами. Только в 1948 г. на 7 съезде МАС был учрежден Планетный центр при обсерватории в Цинциннати (США), позже переведенный в Смитсоновскую астрофизическую обсерваторию (США). Международный центр малых планет (ЦМП) работает под эгидой Международного астрономического союза. На сайте ЦМП в свободном доступе находится вся имеющаяся в настоящее время информация по малым телам Солнечной системы. В докладе дано представление об истории создания базы данных и о современных программных комплексах, использующих информацию, поступающую в Международный центр малых планет.

Т.А. Рябчикова, Ю.В. Пахомов
Институт астрономии РАН, Москва

Архивы спектральных наблюдений и базы данных атомарных и молекулярных линий для их анализа

Приведен список основных архивов, содержащих наблюдаемые спектры звезд, полученные со средним ($R=\lambda/\Delta\lambda\sim 40000$) и высоким ($R>80000$) спектральным разрешением. Дана краткая характеристика данных (спектральный диапазон, разрешающая сила, единицы измерения и т.д.), представленных в архивах различных обсерваторий.

Представлен обзор современных баз данных, содержащих параметры спектральных линий (атомарных и молекулярных), необходимые для детального анализа спектров звезд, полученных с высоким спектральным разрешением.

С.Ю. Сазонов
Институт космических исследований РАН

Обзоры неба в рентгеновском и гамма диапазонах: сегодня и завтра

В докладе будет представлено современное состояние дел с обзорами неба в рентгеновском и гамма диапазонах энергии. Особое внимание будет уделено результатам, полученным российскими учеными с помощью обсерватории ИНТЕГРАЛ, работающей на орбите с 2002 года. Накопленные за 12 лет данные наблюдений обсерватории охватывают практически все небо. Получен уникальный статистический материал, на основе которого исследованы свойства различных популяций жестких рентгеновских источников, таких как катаклизмические переменные, рентгеновские двойные системы и сейфертовские галактики. По данным обсерватории ИНТЕГРАЛ получены уникальные карты и исследованы спектральные свойства протяженного жесткого рентгеновского излучения Галактики (рентгеновского хребта Галактики), излучения в линии 511 кэВ, связанного с аннигиляцией позитронов, и излучения в линии гамма-излучения радиоактивного алюминия, связанного с процессами

звездообразования. Получен уникальный наблюдательный материал по сверхновым и их остаткам. Приборы обсерватории ИНТЕГРАЛ продолжают функционировать в штатном режиме, что позволяет рассчитывать на успешную работу обсерватории еще как минимум в течение несколько лет. Во второй части доклада будут описаны перспективы обсерватории Спектр-Рентген-Гамма – крупнейшего космического астрофизического проекта с участием России ближайших лет. Предполагается, что в течение первых четырех лет миссии обсерватория СРГ проведет рентгеновский обзор всего неба с рекордной чувствительностью и обнаружит несколько миллионов активных ядер галактик, порядка ста тысяч скоплений галактик, сотни тысяч звезд и других объектов в Галактике. Для того чтобы максимально полно использовать научный потенциал этой уникальной базы данных, потребуется провести большой объем работ по кросс-корреляции данных обзора СРГ с данными современных обзоров неба в радио, ИК, оптическом, УФ и гамма диапазонах длин волн, а также провести большое количество дополнительных наблюдений на наземных телескопах с целью отождествления рентгеновских источников и измерения красных смещений внегалактических объектов.

М.Е. Сачков

Институт астрономии РАН, Москва

Базы данных астрономических наблюдений в ультрафиолете

Предметом ультрафиолетовой (УФ) астрономии является получение научной информации о Вселенной в диапазоне длин волн от 10 до 310 нм. Большая часть наблюдаемого вещества во Вселенной наиболее эффективно диагностируется методами УФ спектроскопии благодаря концентрации большинства резонансных линий атомов, молекул и ионов именно в этой области. С технической точки зрения УФ астрономия входит в понятие «внеатмосферная астрономия» вследствие непрозрачности земной атмосферы. Соответственно, если речь идет об УФ данных, то есть данных, полученных при наблюдениях в УФ диапазоне спектра, то это базы данных, каталоги и архивы космических миссий. В докладе дается описание наиболее известных источников УФ данных в сети. Подавляющее большинство данных собрано в архиве MAST, многоцелевом архиве при Институте космического телескопа им Хаббла. Это данные миссий HST, GALEX, FUSE, Copernicus, EUVE, IUE и др. Также дается описание архива советской миссии «Астрон» и информация по планируемой отечественной миссии «Всемирная космическая обсерватория – ультрафиолет».

Секция «Внегалактическая астрономия»

М.Н. Аль Наджм

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Оценки синхротронного радиоизлучения от окологалактических дисков

В галактиках наблюдаются протяженные диски HI. Внегалактическое излучение ионизует водород. Диски атомарного водорода HI должны быть окружены оболочками ионизованного водорода HII. Окологалактическая среда активно изучается в группе M81, где в последние годы были выполнены измерения экстинкции и измерена массовая концентрация пыли в единицах наблюдаемого в этой области атомарного водорода.

Мы приступаем к изучению основного физического механизма генерации нетеплового излучения частицами высоких энергий – синхротронного излучения релятивистских и ультрарелятивистских электронов, т.е. электронов космических лучей.

Примером синхротронного излучения является радиоизлучение Галактики на частотах от 10 до 10^4 МГц. В настоящее время общепринято, что оно связано с излучением релятивистских электронов в галактическом поле. В спектре этого излучения явно виден излом на частоте ~ 200 МГц. Наблюдения спектра релятивистских электронов космических лучей с энергиями около 100 МэВ, где уже слабо влияние солнечных космических лучей, явно указывают на наличие излома в спектре в области $E \sim 3$ ГэВ. Мы предлагаем оценки потоков нескольких галактик и оценки синхротронного радиоизлучения от окологалактических дисков с точки зрения этих наблюдений.

Е.О. Васильев¹, А.В. Моисеев^{2,3}, Ю.А. Шекинов¹

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

²Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз

³Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Дисперсия скоростей ионизованного газа и множественные вспышки сверхновых

С помощью численных моделей рассмотрены течения газа, индуцированные множественными вспышками сверхновых в межзвездной среде галактик. Исследованы свойства горячего газа (объемный фактор заполнения, темп потери энергии), эволюция дисперсии скоростей газа (σ) и потока излучения в линии Na (I). Проанализирована временная зависимость $I-\sigma$ для нескольких значений частоты вспышек сверхновых и проведено сравнение с наблюдательными данными о соотношении $I-\sigma$ в карликовых галактиках.

Рассмотрена ионизационная и тепловая эволюция окологалактического газа, находящегося в поле изменяющегося во времени ионизирующего излучения от ближайшей галактики со звездообразованием и почти постоянного (на временах около 100 млн. лет) внегалактического фона излучения. Изучена эволюция ионных состояний в зависимости от массы галактики и скорости звездообразования. Определены условия для появления высокой лучевой концентрации ионов CIV, NV, OVI в спектрах поглощения в протяженных галактических гало.

А.С. Гусев

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Изучение молодых звездных группировок в областях НII на основе спектральных и фотометрических данных

На основе комплексных спектральных, фотометрических (в полосах *UBVRI*) и спектрофотометрических (в линии H α) наблюдений исследованы 102 области звездообразования в семи спиральных галактиках (NGC 628, NGC 783, NGC 2336, NGC 6217, NGC 6946, NGC 7331 и NGC 7678). Данные о химическом составе и поглощении в областях НII, полученные из спектральных наблюдений, были использованы, чтобы с помощью метода эволюционного моделирования оценить физические параметры (возраст и массу) молодых звездных группировок. Показано, что поглощение в газе, A_{gas} , определяемое по бальмеровскому декременту, во многих случаях не соответствует величине поглощения A_{stars} в молодой звездной ассоциации (комплексе). Это обусловлено пространственным смещением облака НII относительно связанной в нем звездной группировки. Обнаружено, что неравенство величин поглощения в звездах и газе характерно для областей НII, в которых: 1) вклад газа в общее излучение в полосах *B* и/или *V* превышает 25%; 2) $EW(\text{H}\alpha) > 440 \text{ \AA}$. Для 51 области звездообразования получены удовлетворительные оценки массы и возраста в рамках SSP-модели; еще девять областей с $A_{\text{stars}} = A_{\text{gas}}$ имеют, по-видимому, более сложную историю звездообразования. Величина поглощения в областях звездообразования, исправленная за поглощение в Галактике и поглощение, связанное с наклоном диска, составляет $A(V) = 1.01 \pm 0.86$. Характерный возраст молодых звездных группировок $t = 5.4 \pm 2.4$ млн. лет. Массы большинства звездных систем заключены в пределах $10^5 - 10^6$ масс Солнца, с крайними значениями от 1.0×10^4 до 1.3×10^7 масс Солнца. Отметим, что наименее массивные звездные ассоциации в близких галактиках NGC 628 и NGC 6946 по своим параметрам (масса, светимость, цвет) соответствуют молодым массивным РЗС в Галактике.

Центральная область Галактики

На основании обзора публикаций, связанных с исследованием центра Галактики на телескопах КЕК1,2, VLT и NTT (координаты звезд и их лучевые скорости) можно сделать вывод, что масса центрального сверхмассивного тела Галактики (ЦТ), расстояние до ЦТ и другие параметры движения звезд в гравитационном поле ЦТ определяются на базе этих данных недостаточно точно. Одна из причин – практически неизвестное точное положение ЦТ на снимках, получаемых на этих телескопах в ИК-области. В АФИ им. В.Г. Фесенкова разработан метод вычисления параметров орбиты пробного тела, движущегося в гравитационном поле неподвижной массы с использованием только лучевой скорости пробного тела. Этот метод удалось применить для поиска параметров движения одной из наиболее исследованных звезд, S2 (другое обозначение S02). Как предполагалось ранее, ЦТ окружено оболочкой, массу которой необходимо учитывать. В простейшем случае сферической симметрии этой оболочки на пробное тело, находящееся на расстоянии R от ЦТ, будет действовать гравитационная сила суммы масс ЦТ и оболочки, находящейся в шаре радиуса R . При этом необходимо знать зависимость плотности оболочки от расстояния от ЦТ. Автором были найдены все параметры орбиты, включая параметры оболочки. В качестве критерия наилучшего согласия найденной орбиты и наблюдательных данных использовался критерий χ^2 . Показано, что, не зная свойства оболочки, невозможно определить точную массу ЦТ. Однако найденная орбита позволяет максимально точно определить расстояние до ЦТ с учетом высокой точности астрометрических данных, полученных на телескопе VLT с 2003 по 2009 гг. Метод поиска орбит с использованием только лучевых скоростей позволяет обнаруживать в галактиках невидимые объекты, которые могут составлять значительную долю массы галактик. Также появилась возможность проверить постоянство скорости света на космологических интервалах времени.

Ю.Н. Ефремов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Необычные объекты в спиральной галактике NGC 6946

Галактика NGC 6946 имеет четыре широких, размытых рукава и напоминает «мохнатые» (woolly) спирали, которые выделили недавно Б. Эльмегрин и Д. Эльмегрин среди галактик на красном смещении 1.4–1.8; на таких расстояниях происходит зарождение спиральной структуры. NGC 6946 имеет тонкий диск и находится, по мнению Пиблса, внутри Местного войда. Вероятно, эту галактику можно считать ближайшей к нам спиральной галактикой реликтовой формы. В ее газовом диске имеется множество полостей всевозможных размеров, причем

наименьшие из них концентрируются внутри больших – достигающих почти 2 кпк в диаметре. Было доказано, что по крайней мере некоторые из наименьших дыр совсем свободны от газа и сквозь них можно увидеть теплый ионизованный газ нашей Галактики (на широте 12°). Формирование таких дыр является, по-видимому, случайным процессом и связано с турбулентностью в тонком газовом диске; не исключено, что их слияние порождает сами гигантские дыры – или же образование мини-дыр (практически совсем свободных от газа) более вероятно внутри больших полостей. Галактика содержит уникальный звездный комплекс диаметром 700 пк; с запада он ограничен правильной дугой окружности в 132° , а на восточной его стороне находится гигантское молодое шаровое скопление. В NGC 6946 имеются и другие загадочные объекты.

А.Т. Ибраимова¹, Ф.Б. Калык², Л.М. Чечин^{1,2}

¹Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы

²Казахский нац. педагогический университет имени Абая, Алматы

Эволюция возмущений плотности барионной материи в реальной Вселенной

Под реальной Вселенной будем понимать такую модель, которая учитывает не только ее расширение, обусловленное темной энергией, но и ее вращение и наличие фона темной материи.

В докладе представлены результаты обобщения уравнения Джинса на случай вращающейся и расширяющейся Вселенной. Получены обобщенные частоты возмущений колебаний барионного субстрата во вращающейся Вселенной. Рассмотрены два случая, когда обобщенный волновой вектор \vec{k} может совпадать с волновым вектором Джинса \vec{k}_J , и когда он стремится к нулю. Дана космологическая интерпретация полученным значениям угловых скоростей.

Рассмотрена эволюция возмущений плотности барионной материи в расширяющейся Вселенной на фоне осциллирующей темной материи. Найден вклад темной материи в частоту колебаний барионного субстрата, величина которой существенно зависит от разности волновых векторов колебаний темной и барионной материй. Исследованы случаи когерентности колебаний, а также соотношения в обобщенной частоте вкладов от кинетической энергии колебаний барионной материи и потенциальных энергий барионной и темной материи.

В.М. Корюкин

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

Квантовая теория гравитации и абсолютный космологический принцип

Хорошо известно, что классическая физическая теория должна быть следствием квантовой теории. Именно поэтому так много было сделано

усилий для построения квантовой теории гравитации. Ранее был предложен вариант такой теории для описания гравитационных взаимодействий, как на больших (*В.М. Корюкин*, Известия высших учебных заведений. Физика, Июнь 2012, Т. 55, N 6, С. 81), так и на малых (*V.M. Koryukin*, PoS (Baldin ISHEPP XXII) 024) расстояниях. В результате, учитывая квантовые законы при объяснении гравитационного взаимодействия, мы получаем конечную длину когерентности для взаимодействия макроскопических тел, а вместе с тем и возможность рассматривать галактики как идеальный газ на масштабах, равных 50 Мпк или превышающих «ячейку однородности». Разделим материю Вселенной на две подсистемы (медленную и быструю), так чтобы, как это принято, поведение барионной материи (быстрой подсистемы) определялось поведением небарионной материи (медленной подсистемы). Именно частицы быстрой подсистемы позволяют нам делать предсказания и выводы, используя методы решения обратных задач, о состоянии и свойствах частиц медленной подсистемы материи Вселенной (темной материи). В основании нашего подхода мы положили теорию ферми-жидкости Ландау, в которой фермионы, ее образующие, не рассматриваются, а при количественных расчетах основную ответственность несут квазичастицы. Присутствие темной материи было впервые обнаружено при исследовании движения галактик, которое должно быть обусловлено гравитационным взаимодействием, а это именно тот эффект, который позволяет обнаружить наличие бозе-конденсата. Так как в нашем подходе делается упор лишь на известные частицы, то мы считаем, что имеется веское свидетельство наличия куперовских пар из фоновых нейтрино Вселенной. Для объяснения образования нейтринных куперовских пар можно использовать механизм, аналогичный механизму Бардина–Купера–Шриффера (БКШ) микроскопической теории сверхпроводимости, тем более что темная материя обнаружена лишь в окрестности барионной материи Вселенной. В то же время на масштабах свыше 1 Мпк должен наблюдаться обратный процесс распада куперовских нейтринных пар, что приводит к увеличению плотности фоновых нейтрино в ферми-жидкости и расширению данной области Вселенной. В настоящее время принято считать, что Хаббл открыл случайно закон расширения Вселенной, так как получил покраснение в исследуемом спектре излучения большинства галактик на расстояниях от Земли, не превышающих 10 Мпк. Данная область Вселенной впоследствии стала носить название «Местного объема», а разбегание галактик – потоком Хаббла, который уже не связывают с космологическим расширением. В результате появляется возможность дать физическую интерпретацию «абсолютному космологическому принципу» (Вселенная должна выглядеть одинаково не только во всех точках и во всех направлениях, но также и во все моменты времени), а также продолжить построение стационарной модели Вселенной на масштабах, превышающих «ячейку однородности».

Large homogeneous sample of X-ray selected AGNe and its study

The joint catalogue of Active Galactic Nuclei (AGNe) selected from optical identifications of X-ray sources was created as a combination of two sources: Hamburg–ROSAT Catalogue (HRC) and Byurakan–Hamburg–ROSAT Catalogue (BHRC). Both are based on optical identifications of X-ray sources from ROSAT catalogues using low-dispersion spectra of Hamburg Quasar Survey (HQS). HRC used ROSAT Bright Source Catalogue (BSC) and BHRC used brighter sources of ROSAT Faint Source Catalogue (FSC), thus extending the sample to count rates (CR) of photons ≥ 0.04 ct/s in the area with galactic latitudes $|b| \geq 20^\circ$ and declinations $\delta \geq 0^\circ$ (the area of HQS). However, HRC and BHRC contain a number of misidentifications and using the recent optical and multiwavelength (MW) catalogues, we have revised both samples excluding false AGNe and adding new genuine AGNe. Thus a new large homogeneous complete sample of 4253 X-ray selected AGNe was created. All these sources are either genuine AGNe or have been classified as candidate AGNe based on HQS low-dispersion spectra. 3352 of them are listed in the Catalogue of QSOs and Active Galaxies (Véron-Cetti & Véron 2010; 13th version) and 387 are also in the Multifrequency Catalogue of Blazars (Roma-BZCAT) by Massaro et al. (2012). 901 candidate AGNe are subject for further study. We classified these objects using their SDSS DR10 spectra available for 217 of them. The following activity types were revealed: 95 AGNe (including blazars, the most interesting objects in the sample), 71 absorption-line galaxies, 42 stars, and 9 were classified as “Unknown”. A special emphasis is made on narrow-line Sy1.0–Sy1.5 galaxies and QSOs, as many of them have soft X-ray, strong FeII lines, and relatively narrow lines coming from BLR (“narrow broad lines”); we have classified 45 new AGNe as such objects. As a result, the sample of genuine AGNe was enlarged to 3447 objects. We have retrieved MW data (gamma-, X-ray, UV, optical, IR, and radio) from recent catalogues and carried out statistical investigations for the whole AGN sample. An attempt to find connections between fluxes in different bands for different types of sources, and identify their characteristics thus confirming candidate AGNe have been carried out. We have analyzed X-ray properties of these sources to find a boundary between normal galaxies and X-ray AGNe. The sample is a relevant source for identification of new blazars.

К.Т. Муртаджиева¹, С.Н. Нурутдинов¹, Х. Маматова²

¹Астрон. институт им. Улугбека АН Республики Узбекистан, Ташкент

²Национальный университет Узбекистана, Ташкент

К проблеме классификации кольцеобразных галактик

Впервые на существование кольцеобразных структур в спиральных галактиках обратили внимание в 1960-е гг. Э. Хаббл и Ж. Вокулер, а Б.А. Воронцов-Вельяминов обнаружил различные виды кольцеобразных

галактик при помощи Паломарского атласа неба и предложил рассматривать их как независимый ряд, параллельный спиральным галактикам, введя три класса $-a$, b и c . Это можно считать первой попыткой классифицировать кольцеобразные галактики. В 1979 г. И.П. Костюк составила список из 143 галактик и также предложила разделять кольцеобразные галактики на три класса. Однако до сих пор никто не пользуется предлагавшимися системами классификации, так как эти три класса не охватывают многие наблюдаемые разнообразные виды кольцеобразных галактик. В 1989 г. С.Н. Нуриддинов и М. Усарова составили список примерно из 300 кольцевых галактик и предложили предварительный вариант классификации. Сегодня среди многих работ по морфологии кольцеобразных галактик следует отметить работу Р. Бута 1995 г.

Бута, однако, называет кольцевыми галактиками также и те, кольцеобразная структура которых образуется из-за сильной закрученности спиральных рукавов или наблюдается ввиду их необычной проекции на картинную плоскость. Хотя Бута не интересуется общей классификацией кольцеобразных галактик, он приписывает каждому объекту сложные символические обозначения, включающие всякий раз букву S, независимо от того, содержат они спиральные рукава или нет. Наш анализ наблюдательных материалов показывает, что около 50% физически кольцевых галактик не содержат спиральных рукавов вообще и их следует классифицировать, никак не связывая со спиральными галактиками. В данной работе разработана классификация кольцеобразных галактик на основе накопленных нами наблюдательных данных. Здесь мы не рассматривали галактики с полярными кольцами, природа которых никак не связана с кольцевыми образованиями в плоскости галактики. Разработанная нами классификация содержит 9 групп относительно видимых признаков кольцевых структур в галактиках, где данная структура никак не образуется из-за проекции или сильной закрученности спиральных рукавов.

Е.А. Михайлов¹, О.К. Сильченко², Д.Д. Соколов¹

¹Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Магнитные поля во внешних кольцах галактик

В настоящий момент твердо установлено, что во внутренних частях ряда спиральных галактик существуют крупномасштабные магнитные поля напряженностью несколько микрогаусс. Их генерация обусловлена механизмом динамо, который основан на дифференциальном вращении и альфа-эффекте. Некоторые галактики имеют внешние кольца, в которых тоже присутствует ионизованный газ – поэтому вполне логично предположить, что там тоже возможно возникновение крупномасштабных магнитных полей.

Для моделирования этих магнитных полей используется так называемая ρ - z модель, которая основана на том, что галактический диск достаточно тонкий и можно пренебречь вертикальной компонентой магнитного поля, а соответствующие производные – заменить на алгебраические выражения.

Получено, что генерация поля возможна в кольцах шириной от 2 кпк и более, в противном случае магнитное поле будет затухать за счет диссипационных эффектов. Однако даже в том случае, если генерация магнитного поля *in situ* в кольцах невозможна, оно может туда проникнуть из внутренних областей за счет волны Колмогорова–Петровского–Пискунова. Отметим, что распространение поля за счет данного эффекта возможно в случае, если плотность газа в промежутке между центральными областями галактики и внешним кольцом не очень мала.

A.B. Mousseev^{1,2}, U. Kuz³, P. Maxim³ и др.

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

³Университет Алабамы, США

Эхо потухших квазаров: наблюдения ионизации газовых облаков активными галактическими ядрами

Представлены результаты наблюдений на 6-м телескопе САО РАН выборки галактик с протяженными эмиссионными структурами. Рассмотрена кинематика облаков газа на больших расстояниях от ядра (десятки кпк). Показано, что движения газа в основном согласуются с кривой вращения галактик, т.е. он приобретен извне в результате приливного взаимодействия, а не выброшен из ядра. Наблюдаемая картина согласуется с предположением об ионизации газа в приливных структурах активным ядром, поток ионизирующего излучения от которого за последние 50–200 тыс. лет резко уменьшился. Дальнейшее изучение подобного феномена поможет провести прямые оценки характерных времен активности конкретных галактик.

V.L. Oknyansky¹, C.M. Gaskell^{2,3}

¹Sternberg Astronomical Institute, Lomonosov Moscow University

²Centro de Astrofísica de Valparaíso, Chile

³University of California, Santa Cruz, USA

The relative wavelength independence of IR lags in AGNs: implications for the geometry of the dusty torus

As seen from the central source, the torus of AGNe has a puzzlingly high covering factor. This implies a surprisingly small torus half opening angle and a large scale height. The cause of the large vertical scale height is not understood. In cartoons of AGNe the torus is commonly depicted as a doughnut with a radial thickness comparable to its vertical thickness. This

would imply that whatever maintains the vertical height operates over a considerable radial distance. If the torus consists of clouds of dust, each with a relatively unobscured view of the higher energy photons from nearer the center of the AGN, the temperature of each dust cloud will fall off as roughly the inverse square root of the radius. Since the dust is heated by the central radiation, in such a model the lag would increase with the wavelength to a power of 2 to 2.8. We show that, contrary to this simple prediction, for a significant fraction of AGNe the lags of the J , H , K , and L bands with respect to the optical show at best only a small difference. This means that rather than there being an extended radial temperature gradient, the hot dust reprocessing the central radiation is effectively in a relatively thin shell.

Long-term monitoring of NGC 4151 suggests that the geometry might change as the radius of the region with emission from hot dust changes as the mean continuum level changes.

We note that a number of the AGNe showing similar J , H , K , and L lags are also Seyferts that have changed between type 1 and type 2. It is not clear whether this is related or is merely a consequence of these objects being well studied for a long time.

Р.Ф. Полищук

Астрокосмический центр ФИАН, Москва

Решение задачи Зельманова определения гравитационной энергии

Мой университетский учитель Абрам Леонидович Зельманов (1913–1987) в 1944 году создал метод хронометрических инвариантов, приуроченных к $1+3$ расщеплению четырёхмерного мира нульмерных событий на время и пространство, отождествляя с этим расщеплением понятие системы отсчёта. Затем он много лет методом неопределённых коэффициентов искал хронометрически инвариантный псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля и не успел его найти. Но если мы применим к тетрадному полю, приуроченному к $1+1+1+1$ расщеплению пространства-времени и задающему гравитационное поле, оператор Лапласа (квадрат суммы дифференциала и кодифференциала) и выразим возникающий здесь тензор Риччи через тензор материи, то получим тетрадный эквивалент уравнений тяготения Эйнштейна и закон сохранения возникающих здесь тетрадных токов, дающих также решение задачи Зельманова.

Ограничения на внегалактические магнитные поля из фарадеевских мер вращения далеких источников

Магнитные поля существуют во Вселенной на всех масштабах – от Земли до всей крупномасштабной структуры. Особый интерес представляют поля в крупномасштабных пустотах с поперечниками в десятки Мпк. Недавние наблюдения указывают на присутствие там полей с силой более 10^{-17} Гс: эти поля могли возникнуть на самых ранних стадиях эволюции Вселенной. В настоящее время ограничения сверху на силу таких полей выводятся из наблюдений реликтового излучения. Также такие поля могли бы вносить вклад в меры вращения (RM) удаленных радиоисточников, зависящий от расстояния до них. Ограничения вторым способом были получены недавно, они основываются на небольшом количестве данных более чем 20-летней давности.

В данной работе мы используем каталог Хаммонда и др. из более чем 4000 источников с известным красным смещением и RM. Учитывая неоднородность распределения материи и, следовательно, магнитного поля в пространстве, мы рассчитываем эффект, который мог бы возникнуть в наблюдаемых RM при влиянии внегалактических полей. Сравнение с данными позволяет ограничить силу таких полей на уровне нескольких нГс при длине корреляции в 1 Мпк. Ограничения становятся в несколько раз сильнее, если мы рассмотрим космологическое поле, однородное на длине горизонта.

М. Ryabov¹, А. Donskykh², А. Sukharev¹, М. Aller³

¹Odessa Observatory "URAN-4" of the Radio Astronomical Institute, National Academy of Sciences, Ukraine

²I.I. Mechnikov Odessa National University, Ukraine

³Radio Observatory of Michigan University, Ann Arbor, USA

Using Methods of Wavelet Analysis and Singular Spectrum Analysis in the Study of Radio Sources 3C 345, 3C 120, 3C 273 and BLLac

We investigated data of extragalactic-source flux density monitoring, performed with the 26-meter radio telescope of the University of Michigan at frequencies of 14.5, 8 and 4.8 GHz. To study flux density of extragalactic radio sources 3C120, 3C273, 3C345, BL Lac, the wavelet analysis and singular spectrum analysis were used.

Based on Fourier filtering, we identified *O–C* (short-period) and trend components of flux variables, which were analyzed separately using the method of wavelet analysis. Each of these components is associated with certain physical processes in the "core-accretion disk-jet" system. We constructed time–frequency wavelet spectra showing changes of frequency with time. The

trend components of the studied objects' main periods (in years) are ~ 7–16 yr (BL Lac), 5–11 yr (3C 273), 4–12 yr (3C 120), 5–16 yr (3C 345). The periods of (O–C) components are ~ 0.6–4 yr (BL Lac), 1–5 yr (3C 273), 0.7–4 yr (3C 120), 1–4 yr (3C 345). All of them appear in the time structural changes of the jet. These data were compared with VLBI radio maps, which were obtained by the Mojave program. Studying radio maps allowed us to investigate features of components moving relative to the VLBI core.

The data of observations were also investigated using singular spectrum analysis (Caterpillar-SSA) (N. Golyandina, V. Nekrutkin and A. Zhigljavsky. Analysis of Time Series Structure: SSA and related techniques. 2001, Chapman and Hall/CRC. ISBN 1-58488-194-1). The basis functions used in this method are based on the raw data themselves, in variance with the Fourier and wavelet methods. "Caterpillar-SSA" is based on transformation of the original series in a matrix, followed by its singular value decomposition, as a result of which, the original series is decomposed into additive components. The advantage of "Caterpillar-SSA" is the ability to control the process of filtering stages of decomposition and signal recovery. Depending on objectives of the study, "Caterpillar-SSA" allows you to select the most informative harmonics or to determine their number.

М. Рябов¹, А. Сухарев¹, М. Аллер²

¹Одесская обсерватория «УРАН-4» Радиоастрономического института
Национальной академии наук Украины

²Радиоастрономическая обсерватория Мичиганского университета, США
**Исследование переменности квазара 3C 273 в различных диапазонах
(радио, ИК, оптика, УФ, рентген) электромагнитного излучения на
временном интервале 1965 – 2011 гг.**

Изучение переменности квазара 3C 273 основано на длительном (1965–2011 гг.) мониторинге потоков радиоизлучения, выполненном на обсерватории UMRAO (14.5, 8, 4.8 ГГц), и базе данных многодиапазонных наблюдений на сайте ISDC (<http://isdc.unige.ch/3c273>). Накопленный в ней обширный наблюдательный материал (около 70 кривых блеска за 1965–2007 гг.) даёт возможность детального изучения особенностей и взаимосвязей в долговременной переменности квазара 3C 273 на разных длинах волн.

Для исследования были отобраны временные ряды с хорошим заполнением и минимальными разрывами во времени. В радиодиапазоне, с применением фурье-фильтрации были выделены O–C (короткопериодические) и трендовые компоненты переменности потоков, которые анализировались отдельно. Для исследования переменности радиоисточника использовался метод вейвлет-анализа временных рядов, а также Lomb–Scargle периодограммы для рядов с неравномерными по времени отсчётами.

Значения некоторых основных периодов, близких на разных длинах волн, составляют около 11, 8, 5 лет; есть также более короткие периоды, ~

3 – 0.3 года. В пределах каждого диапазона длин волн, частотный состав (периоды) временных рядов изменяется со временем. Найдены величины изменения периодов, а также интервалы времени, на которых они проявляются. На основе глобальных вейвлет-спектров определены основные фазы активности квазара 3C 273.

Проведено сравнение между динамикой джетов (Mojave VLBI изображения) и изменением спектров периодов в исследуемых данных в радиодиапазоне. Изменения периодов со временем или их переходы с одного значения на другое связаны с изменениями VLBI-структуры квазара и появлениями в джете новых ярких пятен или с изменением яркости уже видимых в джете пятен.

С помощью полосовой вейвлет-фильтрации на всех длинах волн были выделены компоненты потоков, соответствующие полосам основных периодов на вейвлет-спектрах, а также найдены задержки в радиодиапазоне между частотами наблюдений, в полосах основных периодов.

В радиодиапазоне (наблюдения UMRAO) проводилось прогнозирование (параметрическая синусоидальная модель врем. ряда, с оптимизацией) изменений потока радиоизлучения у квазара 3C 273. Полученный прогноз (2011–2015) сравнивался с контрольным прогнозом (по методу SSA) и с наложением на часть исходного ряда (2000–2011). Были получены хорошие совпадения расчётов с наблюдательными данными.

М.В. Рябова, Е.О. Васильев, Ю.А. Щекинов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Спектральная эволюция суб- L^* галактик на малых красных смещениях

Рассчитана химическая эволюция галактик со светимостью $L < L^*$ на малых красных смещениях. Исследованы эволюционные треки этих галактик на диаграмме «удельная скорость звездообразования – звездная масса». Определены условия перехода от активного звездообразования к пассивному. Рассчитаны спектры галактик с активным звездообразованием. Обсуждаются влияние на ионный состав окологалактического газа.

*Л.С. Уголькова, Б.П. Артамонов, В.В. Бруевич, О.В. Ежкова,
Е.В. Шимановская*

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
**Оптический многоволновой мониторинг сейфертовской галактики
NGC 7469 за период 1990–2014 гг.**

Представлены результаты наблюдения трёх медленных компонент переменности излучения сейфертовской галактики NGC 7469 (1990–

2014гг.) Проводится сравнение их особенностей по результатам майданакских и крымских наблюдений в *UBVRI* фильтрах.

А.Д. Чернин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Всемирное антитяготение: от Местной Группы до края Вселенной

В 1917 г. Эйнштейн выдвинул идею глобального антитяготения, способного уравновесить ньютоновское тяготение в масштабе Вселенной как целого. В 1998–1999 гг. Эйнштейновское антитяготение было открыто в наблюдениях на самых больших космологических расстояниях. Согласно современной стандартной космологической модели, источником антитяготения служит темная энергия, среда постоянной во времени и идеально однородной плотности, заполняющая все пространство мира. Если так, то антитяготение должно действовать не только у края Вселенной, но и во всех пространственных масштабах, вплоть до самых малых. Вопрос в том, насколько сильным может быть локальный динамический эффект темной энергии по сравнению с эффектом тяготения. Было показано (в 2000 г.), что антитяготение может быть сильнее тяготения в масштабе Местной Группы галактик на расстояниях 1–3 Мпк от нас. За 15 лет исследований (с использованием данных HST и других крупных инструментов) обнаружены веские наблюдательные свидетельства в пользу динамического доминирования темной энергии в системах галактик различных масштабов. В частности, антитяготение сильнее тяготения в локальных потоках галактик; по этой причине разбегание близких галактик происходит с ускорением – как и глобальное расширение Вселенной как целого.

Е.М. Чудакова, О.К. Сильченко

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Толщина звёздных дисков в галактиках ранних типов

Предложен и обоснован метод, позволяющий оценивать толщины звездных дисков галактик, используя двумерное изображение галактики в картинной плоскости. Метод применим для экспоненциальных или кусочно-экспоненциальных дисков, видимых под произвольным углом, за исключением положения диска строго плашмя или строго с ребра. Преимуществом данного метода является то, что он позволяет определять индивидуальные толщины дисков галактик, видимых не строго с ребра. Ключевая идея метода состоит в определении угла наклона диска галактики к картинной плоскости по изменению наблюдаемой экспоненциальной шкалы вдоль азимута. Относительная толщина звездного диска определяется из сопоставления форм изофоты и распределения шкалы по азимуту. Метод протестирован и откалиброван на обширной выборке изображений модельных галактик, для которых ключевые для нас параметры модели, угол наклона диска к картинной

плоскости и толщина диска, задавались случайным образом. Хорошее согласие результатов применения нашего метода к модельным изображениям дисков галактик с параметрами, заложенными в модель при создании изображения, доказывает, что метод работает. Метод применен к двум небольшим выборкам галактик, экспоненциальные и кусочно-экспоненциальные диски которых описаны в литературе, а изображения взяты из открытых архивов обзоров SDSS и S4G. Распределения относительных толщин дисков галактик в выборках сравниваются с аналогичными распределениями галактик тех же типов, видимых с ребра, толщины которых описаны в литературе.

А.И.Шаповалова¹, Н.Г.Бочкарев²

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Спектральный и фотометрический мониторинг сейфертовских галактик

Кратко обсуждены некоторые результаты, полученные большим международным коллективом преимущественно по инициативе и/или под руководством авторов доклада, позволяющие судить о структуре и кинематике вещества в областях «центральной машины» сейфертовских галактик, ответственных за их излучение в оптическом диапазоне.

Г.И. Ширмин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Скопления галактик и парадокс Цвикки

В 1933 году швейцарец Ф. Цвикки, исследуя скопление галактик в созвездии Волосы Вероники (скопление Coma), оценил его динамическую массу, которая оказалась в несколько сот раз превышающей «фотометрическую массу», основанную на количестве наблюдаемых галактик и общей светимости скопления. Недостающая «скрытая» масса позднее получила название «темная материя». «Несмотря на интенсивно ведущиеся исследования динамических процессов в скоплениях галактик, продолжает оставаться невыясненной причина различия между значениями массы скопления, находимой по светимости входящих в него галактик, и массы, определяемой при посредстве теоремы вириала (так называемый "вириальный парадокс")» (Горбачкий и Крицук, 1987). «Космологический проект Supernova Cosmology и поисковая группа High-Z Supernova доказали, что космологическая постоянная отлична от нуля и наполняет пространство невидимой "темной энергией", знаковым свойством которой является гравитационное отталкивание» (Грин, 2013). Так появилась возможность уточнить динамическую массу скопления Coma с учетом не принимавшегося ранее во внимание космологического отталкивания вакуума. Оказывается, что это приводит к уменьшению динамической массы указанного скопления галактик не более, чем на пять

процентов. Последнее означает, что «вириальный парадокс» Цвикки не устраняется космологической постоянной Эйнштейна. Установленная незначительность влияния темной энергии вакуума на величину динамической массы скопления галактик Coma – это аргумент в пользу наличия «скрытой массы» или «темной материи», обнаружение небарионных носителей которой является сейчас одной из актуальных задач физики и астрономии.

Секция «Звезды, планетные системы и межзвездная среда»

М.И. Агафонов, Е.Н. Виняйкин

Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород

О непрямых методах получения изображений и исследования структуры космических объектов, включая доплеровскую и фарадеевскую томографию

Несмотря на все достигнутые успехи современной всеволновой астрономии в построении изображений с помощью наземных, космических телескопов и систем апертурного синтеза, остаётся потребность в ещё более высоком угловом разрешении, особенно при наблюдениях тесных звёздных пар, очень удалённых объектов или более мелких деталей на уже частично разрешённых источниках. Поэтому, естественным образом, возникли и продолжают развиваться многочисленные не прямые методы получения информации о структуре космических объектов, получившие общее название астротомография.

Некоторые методы астротомографии используют *вращение исследуемого объекта* для получения информации о его структуре: метод затменного картографирования, поляризационного картографирования, доплеровской томографии, Роше-томографии. Другие – используют *иные подходы*, поскольку во многих случаях периоды вращения изучаемых объектов слишком велики и изменить ракурс наблюдения из-за поворота исследуемого объекта невозможно. К последним методам относятся, например, метод эхо-картографирования активных ядер галактик, метод гравитационного линзирования, метод синтеза меры вращения (фарадеевской томографии) и другие методы. Характерным признаком методов, не опирающихся на вращение объекта, является наличие вспомогательного промежуточного космического тела или среды распространения электромагнитных волн, являющихся фактически частью наземно-космического телескопа.

Сделанное выше разграничение методов астротомографии по использованию или не использованию вращения изучаемого космического объекта справедливо в большинстве ситуаций, но есть

примеры комбинаций обоих подходов.

Во всех астротомографических методах тем или иным способом решается обратная задача: по наблюдаемым кривым блеска, спектрограммам, поляризационным характеристикам, эхо-сигналам и т.д. восстанавливается структура источника излучения, его кинематика и определяются физические параметры. С другой стороны, при известных свойствах источника можно получить информацию о вспомогательном объекте или среде.

В докладе основное внимание уделено доплеровской 3D-томографии, реализация которой позволила в последние годы получить новые интересные результаты для двойных звездных систем. Представлен метод получения 3D-томограмм по двумерным проекциям. Рассмотрены возможности фарадеевской томографии.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 15-02-02145а).

М.И. Агафонов, М.Ю. Сидоров

Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород

Угол наклона объектов и возможности реконструкции доплеровских 3D-томограмм и 3D-томограмм на основе двумерных проекций

Ранее, благодаря приложению радиоастрономического подхода (РП), разработанного для решения задач малоракурсной томографии, впервые был реализован трехмерный вариант доплеровской томографии, получены результаты о движениях потоков вне орбитальной плоскости двойных звездных систем. Приложение РП к реконструкции томограмм по двумерным проекциям (вариант 3D2D) представляет также интерес в связи с исследованиями пространственной структуры объектов. Их вращение позволяет регистрировать проекции (изображения) на разных ракурсах. В отличие от доплеровской томографии, где наблюдаются одномерные профили спектральных линий, а построение проводится в пространстве скоростей, для реконструкции 3D-томограмм в геометрическом пространстве требуется набор 2D-проекций, полученных при различных фазовых углах. Проекциями могут служить изображения высокого разрешения, регистрируемые LBI, современными телескопами, оптическими системами апертурного синтеза, например, VLTI и NPOI. Задача построения таких 3D-томограмм перспективна также и для некоторых объектов ближнего космоса. Известна работа по 3D-томографии короны Солнца, в которой используются изображения, полученные коронографом. Приложение РП к реконструкции томограмм по двумерным проекциям представляет интерес еще и потому, что произвольный фиксированный угол наклона относит проблему также к кругу задач малоракурсной томографии, и разработанный РП может

иметь существенные преимущества в сравнении с методом обратных фильтрованных проекций (ОФП).

Возможности разрешения в доплеровской 3D-томографии (вариант 3D1D) описаны нами ранее (М.И. Агафонов и М.Ю. Сидоров, 2014). В настоящей работе проведено их сопоставление с возможностями разрешения при реконструкции 3D-томограмм по 2D-проекциям в зависимости от величины угла наклона объекта. Следствием единственного угла наклона при использовании даже неограниченного числа фазовых углов в общем случае является скудное заполнение области пространственных частот. Возможности разрешения в зависимости от угла наклона были исследованы нами на основе геометрии суммарной передаточной функции (СПФ), построенной для варианта 3D2D на основе набора карандашных лучей. Выводы подтверждаются примерами модельной реконструкции.

Для варианта 3D2D, в частности, установлено, что одинаковое пространственное разрешение СПФ на уровне HPBW достигается по оси вращения объектов и в радиальных направлениях орбитальной плоскости при наклоне $\sim 55^\circ$. Значение совпадает с вариантом 3D1D. Однако, в отличие от варианта 3D1D, увеличение величины угла наклона в интервале от 55° до 90° приводит к незначительной разнице разрешений, и угол 90° не является критичным. Заметное снижение качества реконструкции наблюдается при наклонах, меньших 20° . При 0° происходит потеря разрешения в направлении оси вращения. РП приводит к меньшим искажениям в сравнении с методом ОФП.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 15-02-02145а).

*О.Ю. Барсунова¹, А.А. Архаров¹, В.П. Гринин^{1,2}, А.О. Семенов^{1,2},
С.Г. Сергеев³*

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

²Санкт-Петербургский государственный университет

³Крымская астрофизическая обсерватория

Фотометрические двойники звезды AA Тау в молодом скоплении IC 348

По результатам многолетнего фотометрического мониторинга молодого скопления IC 348 были обнаружены две переменных звезды типа Т Тельца V695 Per и V716 Per, являющиеся по совокупности своих фотометрических признаков аналогами классической звезды типа Т Тельца AA Тау, демонстрирующей периодические затмения собственным газопылевым диском. Мы предполагаем, что, как и в случае звезды AA Тау, их фотометрическая активность является следствием экранирования звезды искривленным внутренним краем околос звездного диска, примыкающим к магнитосфере звезды. Причиной сильной деформации диска является дипольное магнитное поле звезды, ось

которого наклонена относительно оси вращения звезды. Такая интерпретация предполагает, что луч зрения почти совпадает с плоскостью диска.

О.С. Баяндина¹, И.Е. Вальц¹, С. Куртц²

¹Астрокосмический Центр ФИАН, Москва

²Центр радиоастрономии и астрофизики, Морелия, Мексика

Эволюция молекулярных ядер в объектах Spitzer/EGOs

В молекулярных облаках различают крупные структуры (clumps), внутри которых имеются так называемые «ядра» (cores). Эти структуры неоднородны по физическим параметрам – массе, размерам, кинетической температуре и плотности газа и пыли, что влияет на темп и степень развития различных турбулентностей, которые, в конечном итоге, приводят к образованию звезд. В таких группах молекулярный состав среды, а также степень возбуждения молекул и тип распада возбужденных состояний очень чувствительны к вариациям этих параметров. Звезды зарождаются в ядрах, этот процесс начинается с возникновения «молодого звездного объекта» (YSO – Young Stellar Object), включающего в себя стадию протозвезды и молодую звезду на стадии развития «до главной последовательности». Процесс звездообразования сопровождается формированием в ядрах множества пекулярных явлений, одним из которых является мазерная активность окружающего протозвезду молекулярного вещества. По причине компактности и высокой яркости мазеры являются активно изучаемыми явлениями, как на одиночных телескопах, так и на интерферометрах в различных диапазонах длин волн. Большое количество информации дают наиболее распространенные молекулы – OH, H₂O и CH₃OH (метанол). На современном этапе особое внимание уделяется исследованию нового класса протозвездных объектов – EGO (Extended Green Objects), открытых в рамках работы космической миссии Spitzer, излучающих в ближнем инфракрасном диапазоне (источник – полициклические ароматические углеводороды, PAH) и протяженных на волне 4.5 мкм. Эти объекты – «зеленые» в диапазоне камеры IRAC/Spitzer: 3.6, 4.5, 5.8, 8.0 мкм. В данной работе на основании собственных наблюдений мазеров OH (первых для EGOs), выполненных на VLA на 18 см в 2013 г., и сравнения с данными наблюдений мазеров метанола также на VLA (Cyganowski et al. 2009, ApJ 702, 1615) показано, что принцип построения эволюционной схемы развития молекулярных ядер на стадии YSO принципиально зависит от точности измерения расстояний между мазерными группами, и правильные решения могут быть достигнуты только с помощью наблюдений с высоким пространственным разрешением. Приводятся карты источников, таблицы с параметрами координат и размеров компонентов мазеров OH, а также расстояний между группами различных типов мазеров и схемы эволюции молекулярных ядер.

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
**Решение задачи о взаимодействии ударной волны с магнитосферой
нейтронной звезды**

Рассматривается модель магнитосферы нейтронной звезды (или другого компактного релятивистского объекта) при воздействии на нее ударной волны, образованной взрывом сверхновой звезды. Такая волна, обладающая значительной энергией, быстро сжимает магнитосферу и формирует вытянутый хвост. Механическая энергия ударной волны преобразуется в энергию токовых слоев, подверженных воздействию нескомпенсированных магнитных сил. Граница такой существенно неравновесной магнитосферы определяется равенством газового давления за фронтом ударной волны и давления магнитного поля звезды. При этом внутри магнитосферы выполняются условия приближения сильного поля. Механизмом освобождения избытка магнитной энергии является вынужденное магнитное пересоединение. В работе в аналитическом виде решена задача со свободной границей, заключающаяся в нахождении (заранее неизвестной) формы границы магнитосферы и расчете магнитного поля. Решение этой задачи необходимо для оценки возможности формирования направленных релятивистских выбросов плазмы и импульсных всплесков жесткого электромагнитного излучения.

О.М. Белова

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
**О локализации области излучения эмиссионных линий в звёздах типа
Миры Кита**

Получено новое свидетельство в пользу предположения, что в долгопериодических переменных звёздах типа Миры Кита, где образуются эмиссионные линии водорода и металлов, находятся под областью, в которой формируются абсорбционные молекулярные полосы.

В рамках модели ударной волны для конечной стадии высвечивания газа, когда его температура стремится к невозмущённому значению T , вычислено время охлаждения газа как функция T . Время охлаждения до температур $T=(2800...3000)$ К, типичных для молекулярных слоёв звезды, мы сравнили с периодами колебаний блеска мирид (S Car, T Col, RR Sco, R Aql, R Car, o Cet, RR Sgr, S Sco, W Vel, R Leo). Оказалось, что при таких температурах газ не успевает остыть до своего состояния перед фронтом к моменту прохождения следующей ударной волны. Следовательно, невозмущённое значение температуры должно быть выше того, при котором газ находится в молекулярном состоянии.

Полученный результат согласуется со спектрами мирид, опубликованными ранее другими авторами. На спектрах видно, что эмиссионные линии имеют сложную структуру, проявляющуюся в виде асимметричного профиля или нескольких компонент. Данный эффект

интерпретирован авторами как влияние полос поглощения молекул, главным образом, окиси титана. Таким образом, наблюдения подтверждают предположение о распространении ударной волны под молекулярным слоем.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований 13-02-00136 и 15-03-03302.

М.И. Бикмаева, Н.А. Сахибуллин, И.Ф. Бикмаев
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Анализ лучевых скоростей звёзд Трапеции Ориона

Представлены результаты измерения лучевых скоростей четырех звёзд Трапеции Ориона по спектральным наблюдениям на 1.5-м телескопе РТТ-150. По спекл-интерферометрическим данным известно, что каждая из звёзд А, В, С, D Трапеции на самом деле является двойной или кратной звездной системой. Однако данные, полученные из спекл-интерферометрии, необходимо дополнять спектроскопическими данными, поскольку кратность может являться всего лишь проекцией на луч зрения. В период с 2006 по 2015 г. на 1.5-м телескопе был получен обширный ряд спектров высокого разрешения. В докладе представлены кривые лучевых скоростей в зависимости от юлианской даты и от фазы. Из сравнения с опубликованными данными подтверждаются следующие орбитальные периоды для двух главных компонент систем: для звезды А – 65.43 суток, для звезды В – 6.47 суток, для звезды С – 10.9 лет, для звезды D – 20.26 суток. Выполнен анализ профилей спектральных линий. Показано, что линии HeI, HeII изменяются со временем, в то время как линии ионизованного кислорода, углерода и кремния изменений не показывают. Анализ профилей выполнен с целью дальнейшего моделирования синтетических спектров звёзд.

*А.И. Богомазов¹, В.С. Козырева¹, Б.П. Демков², М.А. Ибрагимов³,
Т.Р. Ирсамбетова¹, В.Н. Крушевская⁴, Ю.Г. Кузнецова⁴,
Ш.А. Эгамбердиев⁵, Б.Л. Сатовский⁶, Л. В. Зотов¹, А. В. Тутуков³*

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²ВНИИ физико-технических и радиотехн. измерений, Менделеево МО

³Институт астрономии РАН, Москва

⁴Главная астрономическая обсерватория Нац. АН Украины, Киев

⁵Астрон. институт им. Улугбека АН Республики Узбекистан, Ташкент

⁶ЗАО «Астротел», Москва

Поиск планет в затменных двойных: кандидат в экзопланеты в системе FL Луг и красный карлик в системе V0873 Per

Проведен анализ кривых блеска затменной двойной системы FL Луг, полученных при помощи космического телескопа «Кеплер». Методом тайминга затмений в системе найдено третье тело с массой около двух

масс Юпитера и орбитальным периодом, большим или равным 7 лет. На телескопах Крымской станции МГУ и Майданакской обсерватории Астрономического института им. Улугбека АН РУз в 2013–2014 годах проведены наблюдения затменной двойной V0873 Per, у которой методом тайминга затмений (с использованием новых кривых блеска и информации о моментах минимумов из литературы) обнаружено третье тело с массой около 0.1 массы Солнца и орбитальным периодом около 300 сут.

Н.И. Бондарь

Крымская астрофизическая обсерватория

Циклы активности и быстрая переменность звезды V833 Тельца

Анализ кривой блеска звезды V833 Tau (dK2Ve), полученной по данным из нескольких источников, показал присутствие мультипериодических изменений длительностью 78.25, 18.81, 6.44, 2.52 лет. Первые два периода рассматриваются как возможные циклы фотосферной активности. В эпохи с достаточным числом данных выполнен анализ быстрой переменности, связанной с вращательной модуляцией и эволюцией пятен – изменениями их площади, численности и распределения по поверхности. Прослежены многолетние изменения фаз максимального и минимально блеска на кривых вращательной модуляции. Характер изменений среднего блеска и уровня модуляции позволяет сделать предположение о существовании на звезде двух зон запятненности. Медленно развивающееся большое темное образование в полярной области вносит основной вклад в переменность среднего блеска. Уровень вращательной модуляции и быстрая переменность блеска определяются вкладом и эволюцией неравномерно распределенных пятен в экваториальной области.

Е.О. Васильев, В.В. Королев, И.Г. Коваленко, Ю.А. Шекинов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Динамика оболочки сверхновой в облачной межзвездной среде

В трехмерной осесимметричной модели исследована эволюция остатка сверхновой (СН) в облачной среде в зависимости от объемного фактора заполнения облаками. В модели учтены перемешивание тяжелых элементов (металлов), выброшенных СН, и их вклад в радиационные потери. Показано, что взаимодействие оболочки СН с облачной фазой межзвездной среды приводит к неодновременному и в среднем более раннему началу радиационной фазы в разных частях оболочки СН. При эффективном развитии гидродинамических неустойчивостей в оболочке СН тепловая энергия падает по закону $E_i \sim t^{-2.3}$ в случае распространения остатка СН как по однородной, так и по облачной среде. Найдено, что при объемном факторе заполнения $f > \sim 0.1$ далеко позади глобального ударного фронта от СН формируется слой с избытком кинетической

энергии и импульса, который запирает горячий газ каверны в центральной области остатка СН. Металлы, выброшенные СН, также оказываются заключенными в центральной области остатка, где сохраняется практически начальная (высокая) металличность.

Е.О. Васильев, Ш. Сети

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Поглощение в линии 21 см HI в эпоху реионизации и первичные магнитные поля

Изучено влияние первичных магнитных полей на поглощение в линии 21 см нейтрального водорода в эпоху реионизации. Известно, что присутствие магнитных полей может приводить к (а) нагреву газа в первичных гало и (б) к увеличению числа первичных гало. Проанализированы оба этих эффекта и показано, что последний потенциально может быть наблюдаем, поскольку число гало на луче зрения возрастает на несколько порядков. Поскольку этот эффект слабо зависит от величины магнитного поля в диапазоне 0.3–0.6 нГ, он достаточно чувствителен к значению индекса энергетического спектра магнитного поля. Следовательно, обнаружение поглощения может стать тестом для первичных магнитных полей и их спектральных свойств. Обсуждается возможность детектирования такого поглощения на работающих и будущих радиоинтерферомерах.

Т.В. Демидова¹, В.П. Гринин^{1,2}

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

²Санкт-Петербургский государственный университет

Циклические изменения околозвездной экстинкции в моделях протопланетных дисков с маломассивными компаньонами

Рассматривается модель молодой звезды, погруженной в протяженный газопылевой диск. В веществе диска по наклонной к нему орбите движется мало-массивный компаньон (коричневый карлик или планета-гигант). Расчеты газодинамических течений, вызванных движением компаньона, выполнены с помощью модифицированного нами пакета программ GADGET 2. В процессе моделирования вычислялась колонковая плотность околозвездной пыли на луче между центральной звездой и наблюдателем. Чтобы оценить влияние ориентации диска на фазовую кривую блеска, расчеты проводились для пяти углов наклона луча зрения к плоскости диска и восьми направлений по азимуту. Колонковые плотности в околозвездном диске центральной звезды и общем диске рассчитывались отдельно. Результаты моделирования применяются для объяснения циклических вариаций блеска звезд типа UX Ori.

Анализ физических параметров тесной двойной системы NSVS 14256825

Тесная двойная система (ГДС) NSVS 14256825 принадлежит к классу молодых предкатаклизмических переменных типа HW Vir и содержит sdB-субкарлик в паре со звездой главной последовательности низкой массы.

В работе выполнен анализ одновременных мультиполосных фотометрических наблюдений NSVS 14256825, проведенных в сентябре 2012 г. на телескопе Цейсс-1000 CAO РАН. На основе этих данных построены орбитальные кривые блеска NSVS 14256825 в полосах B , V , R с совместным проявлением эффектов отражения и затмений обеих компонент. Моделирование и исследование кривых блеска проводилось с применением метода численного моделирования облучаемых звездных атмосфер и учетом несферичности компонент, обусловленной их гравитационным влиянием.

В поле изучаемого объекта обнаружена ранее неизвестная переменная звезда 2MASS J20194773+0434017 типа RR Lyr с амплитудами $\Delta m = 0.18^m - 0.35^m$ в разных полосах и периодом около 6–7 часов.

Проведена обработка и анализ серий спектроскопических наблюдений NSVS 14256825, выполненных в июле 2012 г. и сентябре 2013 г. на БТА CAO РАН. В итоге построены 2 набора нормированных спектров умеренного разрешения в интервале $\lambda\lambda$ 4050–5800 Å практически для всех фаз орбитального периода. В спектрах отождествлены линии 7 химических элементов, связанные с излучением sdB-субкарлика. Показано, что наблюдаемые профили линий испытывают искажения в шкале фаз орбитального периода, обусловленные влиянием эффектов отражения. Численное моделирование спектров с учетом эффектов отражения и затмений выполнено одновременно с расчетами кривых блеска NSVS 14256825. Из усиления абсорбционных деталей в красной части исследуемых спектров сделано предположение о повышенной металличности вторичной компоненты.

Наборы лучевых скоростей sdB-субкарлика измерены по линиям H β , HeI, HeII методом кросс-корреляции спектров. Показано, что наблюдаемые кривые лучевых скоростей имеют искажения, обусловленные действием эффектов отражения, формирующих эмиссионные линии в излучении горячего пятна на поверхности вторичной компоненты. Моделирование этих эффектов в спектрах NSVS 14256825 и последующее согласование теоретических и наблюдаемых кривых лучевых скоростей позволило определить массы компонент. В итоге найдены масса главной компоненты, $M_1 = 0.47 M_{\odot}$, вторичной компоненты, $M_2 = 0.10 M_{\odot}$, и большая полуось орбиты $A = 0.798 R_{\odot}$.

В целом нами получен полный набор параметров NSVS 14256825, большинство из которых отличаются от представленных в литературе. Отличительной особенностью исследованной системы является наличие в ней вторичной компоненты с массой, близкой к массам коричневых карликов, но имеющей значительный избыток светимости. Подтверждено, что при комплексном моделировании спектров, кривых блеска и лучевых скоростей возможно определение параметров систем типа HW Vir. Однако, в отличие от ранее исследованной аналогичной системы HS 2333+3927, слабость эффектов отражения в NSVS 14256825 не позволяет оценить отношение масс компонент без введения дополнительных предположений.

*Е.С. Дмитриенко¹, М.А. Ибрагимов², И.С. Саванов², Б.Л. Сатовский³,
Ш.А. Эгамбердиев⁴, О.А. Бурханов⁴*

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²Институт астрономии РАН, Москва, Россия

³ЗАО АстроТел, Москва, Россия

⁴Астрон. институт им. Улугбека АН Республики Узбекистан, Ташкент

Бывшая Новая 1934 г. DQ Геркулеса в 2014 г.

Представлены результаты BVRI-фотометрии Новой 1934 г. DQ Her, выполненной на Майданакской обсерватории АИ АН РУз в 2014 г. Полученные данные свидетельствуют о том, что система находится в одном из самых низких уровней активности, наблюдаемых у неё в стадии глубокой релаксации после вспышки Новой. Особенности поведения BVRI-кривых блеска DQ Her свидетельствуют о существовании неоднородности в распределении яркости излучения от дискообразной оболочки и других газовых структур DQ Her и могут обуславливаться, например, прохождением через луч зрения областей ударных волн (приливных волн, «горячей линии» и/или «отошедшей ударной волны»).

Г.Н. Дремова¹, В.В. Дремов¹, А.В. Тутуков²

¹Российский федеральный ядерный центр – ВНИИТФ, Снежинск

²Институт астрономии РАН, Москва

Оценка вероятности захвата ТДС в поле сверхмассивной черной дыры

Сценарий динамического захвата тесной двойной системы (ТДС) гравитационным полем сверхмассивной черной дыры (СМЧД), предложенный Хиллзом в 1988 г., сегодня принят ключевым в объяснении феномена сверхскоростных звезд (СЗ). Кинематической особенностью этих звезд являются аномально высокие скорости их пространственного движения (>500 км/с), превышающие скорость убегания из Галактики в точке их наблюдения (СЗ обнаруживаются, как правило, на галактоцентрических расстояниях, превышающих 50 кпк). Учитывая, что генерация СЗ при участии СМЧД происходит вблизи

галактического центра, их начальная скорость выброса из поля СМЧД должна существенно превышать вторую космическую скорость для центра Галактики (750 км/с).

Результаты численного моделирования, проводимого в рамках задачи трех тел, подтверждают возможность достижения требуемых скоростей, которые в зависимости от перицентрического расстояния могут варьироваться в диапазоне от 750 км/с до 10 500 км/с. Моделирование условий выживания компонентов двойной системы в гравитационном поле СМЧД, реализованное в постановке задачи N тел, также подтверждает «успешность» события генерации СЗ с выделением границ области потенциально возможного выброса – максимальное удаление двойной системы от СМЧД не должно превышать $9.4 \cdot 10^{-4}$ пк.

Для согласования статистики наблюдаемых СЗ в Галактике (21 объект из каталога Брауна и др., 2014) и наблюдаемых В-звезд в окрестности СМЧД (≈ 30 звезд в радиусе 10^{-2} пк) представляет интерес промоделировать случайный захват ТДС гравитационным полем СМЧД. Для этого задается последовательность случайных ударных столкновений («kick») для ТДС, находящейся в начальный момент времени в центральной области Галактики (на расстоянии 10^{-2} – 10^{-1} пк от центра), которая, в свою очередь, характеризуется распределением звездной плотности по радиусу, а также дисперсией скоростей. В результате многократных столкновений, которые испытывает ТДС в звездном поле, перицентр ее орбиты может быть «вытолкнут» к центру Галактики. Среднее время, за которое орбита ТДС пересекает границу центральной сферы радиуса $9.4 \cdot 10^{-4}$ пк (это область потенциально возможной генерации СЗ) есть время захвата ТДС полем СМЧД. Анализ динамики «скатывания» ТДС позволяет оценить вероятность захвата случайной ТДС полем СМЧД как функцию звездной плотности и дисперсии скоростей звезд в центральном скоплении.

А.Е. Дудоров, О.В. Еретнова

Челябинский государственный университет

Некоторые характеристики двойных звезд типа Т Тельца

Авторами собраны данные о 55 двойных звездах типа Т Тельца. Из них 12 наблюдаются как затменные переменные с двумя системами линий в спектре, 4 – как визуально-двойные с двумя системами линий в спектре и 39 – как спектрально-двойные. Для исследуемых звезд построена диаграмма период – эксцентриситет. У подавляющего большинства звезд с $P < 10^d$ эксцентриситет близок к нулю, что говорит о синхронизации их орбитального и осевого вращения и циркуляризации орбит до выхода на начальную главную последовательность. Исследовано распределение звезд по отношению масс компонент $q = m_2/m_1$. У короткопериодических двойных ($P < 10^d$) практически отсутствуют звезды с $q < 0.5$, и для 50% из них отношение масс лежит в интервале $q = 0.9$ – 1.0 . Это не противоречит

теоретическим предположениям о том, что основными механизмами образования тесных двойных звезд являются фрагментация и деление. У звезд с $P > 10^d$ уже 21% имеют $q < 0.5$ (что говорит о возможности их образования путем захвата), и лишь около трети – отношение масс в интервале $q = 0.9 - 1.0$.

Для звезд с надежно определенными абсолютными и фотометрическими элементами построены зависимости масса–радиус, масса–светимость. Данные о светимостях и эффективных температурах нанесены на диаграмму Герцшпрунга–Рессела с целью определения положения звезд относительно начальной главной последовательности.

А.Е. Дудоров, С.А. Хайбрахманов

Челябинский государственный университет

Плаучесть магнитного поля в аккреционных дисках молодых звезд

В работе исследуется плаучесть магнитного поля в аккреционных дисках молодых звезд в рамках приближения магнитных силовых трубок. Предполагается, что магнитные силовые трубки (МСТ) образуются в областях эффективной генерации азимутальной компоненты магнитного поля. Уравнения динамики магнитных силовых трубок записываются с учетом аэродинамической и турбулентной сил сопротивления. Исследуется изотермический и адиабатический режимы всплытия. Плотность, температура и компоненты магнитного поля в аккреционном диске рассчитываются в рамках МГД-модели Дудорова и Хайбрахманова (2014).

Получены оценки скорости и времени всплытия МСТ в стационарном случае. Оценки показывают, что время всплытия магнитных силовых трубок на поверхность диска меньше времени генерации азимутальной компоненты магнитного поля. Следовательно, плаучесть может ограничивать величину азимутальной компоненты магнитного поля в областях эффективной генерации магнитного поля, в которых омическая и магнитная амбиполярная диффузия неэффективны. Численные расчеты показывают, что всплытие магнитных силовых трубок может проявляться как истечения из внутренних и внешних областей аккреционных дисков молодых звезд.

*И.И. Зинченко^{1,2}, S.-Y. Liu³, Y.-N. Su³, S. Kurtz⁴, D.K. Ojha⁵, M. Samal⁶,
C.B. Salii⁷, A.M. Sobolev⁷, П.М. Землянуха^{1,2}*

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

²Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

³Институт астрономии и астрофизики, Academia Sinica, Тайвань

⁴Центр радиоастрономии и астрофизики, Мексика

⁵Институт фундаментальных исследований Тата, Индия

⁶Лаборатория астрофизики, Марсель, Франция

⁷Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Область образования массивных звезд S255 на разных масштабах

Область звездообразования S255 представляет собой довольно хорошо изученный объект, находящийся на расстоянии 1.6 кпк. Он расположен между двумя протяженными зонами H II и состоит из двух основных компонент – S255IR и S255N. Нами проведены детальные наблюдения этой области на субмиллиметровой антенной решетке SMA, на решетке сантиметрового диапазона длин волн VLA, на низкочастотной антенной решетке GMRT и на 30-м радиотелескопе IRAM с угловым разрешением до 0.4".

Построены детальные карты распределения яркости в континууме на различных частотах (в том числе на частотах 610 МГц и 1280 МГц, наблюдавшихся на GMRT) и в молекулярных линиях. По излучению в континууме на миллиметровых волнах и в молекулярных линиях обнаружено несколько новых сгустков. Большинство из них не связаны с ИК источниками и с источниками радиоконтинуума на низких частотах, что указывает на весьма ранние стадии эволюции. В то же время наблюдения линий SiO и некоторых других молекул указывают на наличие высокоскоростных истечений, связанных с этими сгустками. На основе анализа излучения пыли и некоторых молекул получены оценки основных физических характеристик сгустков. Их массы составляют несколько солнечных масс. Исследования области массивного звездообразования S255IR в молекулярных линиях и в континууме позволили установить, в частности, что здесь имеется сильно неоднородный диск вокруг молодой массивной звезды и высокоскоростной биполярный молекулярный поток, который ускоряется в результате эпизодических выбросов вещества из центра. Ионизованный газ сосредоточен в области биполярного потока. Этот поток сильно меняет химический состав газа вдоль пути распространения, в частности, резко уменьшая содержание молекул N₂H⁺. В целом наблюдения S255 согласуются с моделью формирования массивной звезды за счет дисковой аккреции.

Взрывная эволюция молодых звёзд

Рассмотрено аналитически прохождение испаряющихся кометоподобных тел (так называемых FEBs) из плотного диска эволюционирующих молодых звёзд к звёздной фотосфере. Показано, что, вследствие действия ряда аэродинамических эффектов в пределах хромосферы, явление сопровождается генерацией высокотемпературной плазмы и сильных ударных волн вблизи фотосферы звезды. Предложенный аналитический подход протестирован путём применения к взрыву крупных метеороидов в атмосфере Земли и, в частности, при разработке теории взрыва недавнего Челябинского суперболида 2013 года.

С. И. Ипатов

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН

Институт космических исследований РАН

Формирование спутниковых систем транснептуновых объектов и системы Земля–Луна

Рассматривается модель формирования транснептуновых объектов со спутниками и системы Земля–Луна из разреженных сгущений–препланетезималей. Получено, что моменты количества движения при столкновениях частично сжавшихся препланетезималей, двигавшихся до столкновений по круговым гелиоцентрическим орбитам, при соответствующем сжатии имеют те же значения, что и моменты количества движения наблюдаемых транснептуновых объектов и астероидов со спутниками. Показано, что моменты количества движения, которые использовались в расчетах Несворного и др. в качестве исходных данных при моделировании сжатия препланетезималей, приводящего к формированию спутниковых систем, могут быть получены при столкновениях двух препланетезималей, двигавшихся до столкновений по круговым гелиоцентрическим орбитам. Эти исследования свидетельствуют в пользу формирования транснептуновых объектов со спутниками на стадии разреженных препланетезималей. Число столкновений сгущений, при которых вновь образовавшееся сгущение с массой, как у твердого тела диаметром $d > 100$ км, приобретало достаточно большой момент количества движения, необходимый для образования спутниковой системы, может примерно равняться числу малых тел с $d > 100$ км со спутниками, образовавшимися на таком же расстоянии от Солнца, что и сгущения. Иначе говоря, доля сгущений, образовавшихся при таких столкновениях, среди всех сгущений может составлять около 0.3 в транснептуновом поясе. Большинство разреженных преастероидов могли превратиться в твердые астероиды прежде, чем они столкнулись с

другими преастероидами. Модель столкновений препланетезималей объясняет отрицательные моменты количества движения у 40% транснептуновых объектов с известными наклонами осей вращения. При приобретении моментов количества движения препланетезималей во время их формирования или при их росте путем аккумуляции малых объектов моменты были бы положительными.

Для того, чтобы получить момент количества движения такой же, как у системы Земля–Луна, достаточно столкновения двух одинаковых сгущений размером со сферу Хилла и общей массой в 0.1 массы Земли. При учете роста твердых зародышей Луны и Земли путем аккумуляции планетезималей, минимальное значение массы родительского сгущения для системы Земля–Луна может равняться 0.02 массы Земли. Кроме основного столкновения сгущений, которое завершилось образованием сгущения, родительского для зародышей Земли и Луны, могло быть второе основное столкновение родительского сгущения с другим сгущением. Это второе основное столкновение могло изменить наклон оси вращения Земли. В зависимости от эксцентриситетов орбит планетезималей, выпадавших на зародыши Земли и Луны, Луна могла приобрести 0.04–0.3 своей массы на стадии аккумуляции твердых тел за то время, когда масса зародыша Земли увеличилась в 10 раз. Сгущения, ставшие родительскими для зародышей других планет земной группы, не приобрели момент количества движения, достаточный для формирования крупных спутников.

Т.Р. Ирсамбетова

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Фотометрические наблюдения HZ Геркулеса в 2010–2014 гг.

Представлены результаты многоцветных фотометрических наблюдений тесной двойной системы с рентгеновским источником HZ Her / Her X-1, полученные в Крыму в пос. Научный на телескопе Цейсс-600 с ПЗС-камерой типа Ar47. В 2010–2012 гг. в течение 28 ночей проводился мониторинг продолжительностью 6–8 часов с временным разрешением порядка 7–8 минут в полосах *BVR* с целью изучения фотометрической переменности в разных фазах орбитального и прецессионного циклов. Помимо наблюдений вне затмения, получено девять кривых блеска в районе орбитального минимума, особенности фотометрического поведения которых можно интерпретировать как зависимость от фазы 35-дневного прецессионного периода. В ночь JD 2455762 (19–20 июля 2011 г.) наблюдалось сравнительно редкое явление всплеска излучения вблизи главного минимума. По мнению Е.К. Шеффера и В.М. Лютого, подобные всплески, вероятно, вызываются кратковременным появлением из-за лимба звезды излучающего газового образования, которое циркулирует на внешнем крае аккреционного диска после перетекания вещества с HZ Her.

В докладе будут представлены результаты исследований многолетних однородных спектральных наблюдений звезды типа Ae/Be Хербига IL Ser A. В разные годы наблюдений линия H α показывает как одиночный, так и едва разделяемый двухкомпонентный эмиссионный профиль. Эмиссионная линия H β четко разделяется глубокой центральной абсорбцией на две компоненты. Обнаружено монотонное изменение со временем лучевых скоростей отдельных компонент у этих линий. Отношение интенсивностей пиков синей компоненты к красной у водородных линий также показывает монотонное изменение со временем.

Линия He I λ 5876 Å имеет многокомпонентный сложный профиль. Лучевые скорости отдельных компонент линии He I λ 5876 Å меняются в противофазе с лучевыми скоростями эмиссионных компонент линий водорода.

Линии D1, D2 NaI показывают синхронное изменение лучевых скоростей с линиями водорода. Эквивалентные ширины и полуширины линий натрия также показывают переменность, в то время как интенсивности линий не меняются. Показано, что переменная часть линий натрия формируется в околосветной оболочке звезды.

Наблюдаемая переменность в параметрах спектральных линий может быть результатом орбитального движения отдельных компонент в спектрально-двойной системе с периодом около 9 лет.

П. Колом¹, Е.Е. Лехт², М.И. Пауценко², Г.М. Рудницкий², А.М. Толмачёв³

¹Медонская обсерватория, Франция

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

³Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

Наблюдения мазерного излучения в направлении инфракрасных источников в тёмных молекулярных облаках

Сообщается о результатах многолетнего мониторинга мазеров H₂O и OH в направлении «холодных» источников IRAS в тёмных молекулярных облаках. Наблюдения выполнены в линии H₂O 1.35 см в 1980–2015 гг. на 22-м радиотелескопе Пушчинской радиоастрономической обсерватории АКЦ ФИАН и в линиях OH 18 см в 1991–2015 гг. на радиотелескопе Радиоастрономической станции Нансэ (Франция). Обсуждаются результаты для четырёх источников: IRAS 06308+0402, IRAS 18265–1517, IRAS 18277–1516 и IRAS 20126+4104. Представлены профили и параметры линий. Обнаружена циклическая переменность мазерного излучения H₂O источников с характерными временами от 1.8 до 5.5 лет. Рассмотрены модели мазерных источников H₂O. Наблюдалась сильная переменность мазера OH IRAS 20126+4104. По величине зеемановского расщепления линии OH оценена компонента магнитного поля вдоль луча

зрения: 1.3 мГс в IRAS 18265–1517 (2008) и 10 мГс в IRAS 20126+4104 (2014). У IRAS 20126+4104 найдена переменность магнитного поля. В обоих источниках обнаружена значительная эмиссия в линии ОН 1667 МГц, что нехарактерно для мазеров ОН в областях звездообразования, в которых, как правило, наиболее интенсивна линия ОН 1665 МГц. Этот факт требует пересмотра существующих моделей накачки мазеров ОН, корректировки физических параметров, таких, как плотность и температура газа в мазерных областях.

А.В. Лапинов, Г.Ю. Голубятников

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Использование прецизионной спектроскопии молекул для поиска вариаций m_e/m_p и диагностики внутренних движений в областях звездообразования

Благодаря созданному в ИПФ РАН субдоплеровскому спектрометру реализована программа прецизионных лабораторных измерений спектров молекул в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн с точностью ~ 1 м/с в доплеровской шкале скоростей. В результате использования высокоточных значений лабораторных частот при радиоастрономических измерениях исследованы внутренние движения в областях звездообразования, а также получены верхние пределы на возможные вариации отношения массы электрона к массе протона.

А.В. Лапинов

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

О стратегии развития наземной радиоастрономии в России

Дается критический анализ катастрофического положения в наземной инструментальной базе в России. Приводится краткий сравнительный обзор современного состояния и тенденций развития радиоастрономии в мире. Обсуждаются имеющиеся ресурсы и возможные пути эффективного выхода из сложившейся ситуации.

А.А. Логинов, И.Ф. Малов

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

Сравнительный анализ параметров долгопериодических и короткопериодических пульсаров

Методом главных компонент показано, что в пространстве собственных векторов, построенных для разных классифицирующих параметров (от 4 до 11 параметров, характеризующих физические и кинематические особенности пульсаров), известные пульсары образуют два разделённых кластера. Один из них содержит объекты с периодом $P < 0.1$ с, второй – «нормальные» пульсары с $P \sim 1$ с. При этом оказалось, что распределения пульсаров в северном (высота над плоскостью $Z > 0$) и

южном ($Z < 0$) полушариях Галактики одинаковы. Пульсары с короткими и с длинными периодами заметно отличаются по целому ряду параметров (производным периода, магнитным полям, пространственным скоростям).

У радиопульсаров с зарегистрированным излучением в гамма-диапазоне обнаружена корреляция между светимостью и индукцией магнитного поля на световом цилиндре, свидетельствующая о генерации жёсткого излучения на периферии магнитосферы.

Коэффициент трансформации энергии вращения в излучение оказался на порядок выше у долгопериодических пульсаров. В обеих группах наблюдается корреляция между светимостью и скоростью потерь энергии вращения, что подтверждает общепринятую точку зрения о вращении нейтронной звезды как основном источнике энергии для всех процессов в магнитосфере.

Обнаруженное у нескольких десятков пульсаров выключение излучения (нуллины) наблюдается только у долгопериодических объектов ($P > 0.2$ с). Для них же характерно наличие переключения мод (скачкообразного изменения формы среднего импульса). Пульсары с $P < 0.1$ с обладают в среднем более высокой степенью линейной и круговой поляризации по сравнению с долгопериодическими пульсарами.

Полученные результаты подтверждают сделанное нами ранее утверждение о различных областях и механизмах генерации излучения в пульсарах с короткими ($P < 0.1$ с) и с длинными ($P \sim 1$ с) периодами.

Т.Ю.Магакян¹, Т.А.Мовсесян¹, Дж. Балли²

¹Бюраканская астрофизическая обсерватория, Армения

²Университет Колорадо, США

НН-поток в новой далекой области звездообразования

При помощи узкополосных интерференционных фильтров и CCD системы Mosaik на 4-м телескопе СТЮ изучена область вокруг темного облака L 1664, с центром $l = 238^\circ.48$, $b = -4^\circ.13$. Несмотря на то, что она содержит целый ряд небольших отражательных туманностей и других подобных объектов, описанных еще более 30 лет назад, данная область подробным исследованиям практически не подвергалась.

Анализ наших изображений привел к обнаружению более 20 НН-сгустков, образующих несколько НН-потоков. В основном эти потоки распределены в зоне, имеющей вид вытянутого эллипса, что наводит на мысль о звездообразовании, вызванном соударением облаков. Особый интерес представляет отдельный изолированный НН-поток, исходящий от ИК-источника, глубоко погруженного в темное облако. Были выявлены также новые отражательные туманности и группы молодых звезд.

Очень малый видимый размер НН-сгустков и другие признаки указывают на довольно большую удаленность этой новой области активного звездообразования в L 1664. Вопрос более точной оценки расстояния пока остается открытым, но в любом случае оно составляет не менее 1.5 кпк, если эта область входит в ассоциацию Vela OB1.

Численное моделирование нестационарной дисковой аккреции в рентгеновских Новых

Принято считать, что феномен рентгеновских Новых связан с аккрецией в тесных двойных системах, в которых происходит перетекание вещества с оптической звезды-донора на компактный объект – нейтронную звезду или черную дыру. Нами рассматриваются маломассивные рентгеновские двойные (донор – звезда с массой менее одной солнечной), в которых происходит аккреция на черную дыру. Среди рентгеновских Новых в подобных системах есть особый класс с быстрым ростом рентгеновской светимости и последующим более медленным спадом светимости на кривой блеска (Fast rise exponential decay – FRED). На большинстве подобных кривых блеска наблюдается особенность – вторичный пик рентгеновской светимости через 30–100 дней после главного максимума. Нами проводится численное двухмерное моделирование нестационарной дисковой аккреции для объяснения подобных кривых блеска. В предположении дополнительного впрыска массы со стороны звезды-донора удастся удовлетворительно объяснить поведение кривой блеска в районе вторичного пика как на рентгеновской, так и на оптической кривой блеска одной из рентгеновских Новых – A0620–00.

И.Ф. Малов

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН
Радиоизлучение аномальных пульсаров

Разработанные нами методы оценки угла β между осью вращения нейтронной звезды и ее магнитным моментом и наблюдательные данные для аномальных рентгеновских пульсаров (AXP) дают возможность сделать вывод о том, что эти объекты представляют собой ротаторы, близкие к соосным, и к ним можно применять дрейфовую модель. В соосном ротаторе характерный масштаб магнитосферы r^* оказывается в несколько раз больше, чем радиус светового цилиндра r_{LC} . При такой протяженности становятся более благоприятными условия для генерации поперечных волн за счет циклотронной неустойчивости. Инкременты этой неустойчивости в рассматриваемых объектах оказываются достаточно большими для того, чтобы обеспечить наблюдаемые плотности потоков на высоких радиочастотах. Спектр формирующегося излучения ожидается очень крутым (его спектральный индекс $\alpha > 3$), что согласуется с наблюдаемыми спектрами радиоизлучения у известных AXP ($\alpha > 2$). Здесь использованы данные для PSR J1622–4950, чтобы сравнить ожидаемые спектры с наблюдаемыми спектрами у XTE J1810–197 и 1E 1547–5408 (PSR J1550–5418) Для пульсара PSR J1622–4950 оценка даёт значение угла $\beta = 15.6^\circ$. При таком наклоне конуса излучения

граница активной магнитосферы соответствует радиусу $r^* \approx 4r_{LC}$. Большая протяженность магнитосферы способствует появлению у релятивистских электронов заметных питч-углов и, следовательно, генерации синхротронного излучения. Максимум этого излучения приходится на микроволновый диапазон. Такой механизм обеспечивает заметный поток на частотах порядка десятков гигагерц и может объяснить наблюдаемое усиление излучения от АХР в этом диапазоне. У ХТЕ J1810–197, действительно, в области порядка 10 ГГц наблюдается увеличение потока в сторону высоких частот, а у 1E 1547–5408 намечается аналогичное увеличение после 20 ГГц. Совместное функционирование циклотронной неустойчивости и синхротронного механизма может объяснить наблюдаемые спектры аномальных пульсаров.

И.Ф. Малов, М.А. Тимиркеева

Пушинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

Особенности излучения радиогромких и радиотихих гамма-пульсаров и гамматихих радиопульсаров

Проведено сравнение особенностей трёх выборок пульсаров: 1) радиопульсары (γ), не излучающие в других диапазонах, 2) гамма-пульсары (γ), у которых не обнаружено радиоизлучение, и 3) гамма-пульсары с зарегистрированным импульсным радиоизлучением ($\gamma+\gamma$). Средний период γ -пульсаров (0.56 с) значительно больше, чем у $\gamma+\gamma$ -объектов (0.10 с), а среди γ -пульсаров нет источников с миллисекундными периодами. Значения индукции магнитного поля на световом цилиндре γ -пульсаров ($\langle B_{LC} \rangle = 56$ Гс) на два с лишним порядка ниже, чем у двух групп гамма-пульсаров, для которых $\langle B_{LC} \rangle = 9 \times 10^3$ Гс. При этом распределение B_{LC} для γ -пульсаров почти равномерное от 100 до 10^5 Гс, а у $\gamma+\gamma$ -объектов оно гауссоподобное с ярко выраженным максимумом вблизи 10^4 Гс. Скорости потерь энергии вращения распределены равномерно для гамма-пульсаров и характеризуются почти на три порядка более высоким средним значением скорости потерь ($\langle \lg dE/dt \rangle = 35.53$) по сравнению с радиопульсарами без гамма-излучения ($\langle \lg dE/dt \rangle = 32.60$). Следует подчеркнуть, что среди гамма-пульсаров нет выделенности источников с высокими значениями dE/dt . Показано, что $\gamma+\gamma$ -пульсары образуют в пространстве два удалённых друг от друга облака. Одно находится от нас на расстоянии 0.2–0.6 кпк (по-видимому, в рукаве Ориона), а второе удалено на 2–18 кпк со средним расстоянием 5.3 кпк. Высокие значения индукции магнитного поля и корреляция между гамма-светимостью и B_{LC} свидетельствуют о том, что из трёх рассматриваемых в литературе областей генерации гамма-излучения (полярная шапка, область на границе открытых и замкнутых силовых линий магнитного поля и внешний зазор) следует отдать предпочтение последней модели. Вблизи светового цилиндра у релятивистских электронов появляются заметные питч-углы и включается синхротронный

механизм, для которого характерна прямая зависимость между индукцией магнитного поля и излучаемой мощностью, которая и наблюдается в выборках гамма-пульсаров.

И.А. Маслов^{1,2}, А.М. Татарников², О.Г. Таранова², В.И. Шенаврин²

¹Институт космических исследований РАН, г. Москва

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Сравнение инфракрасных характеристик минимумов блеска затменной переменной ϵ Возничего по наблюдениям 1980–2014 гг.

Представлены данные фотометрических измерений долгопериодической затменной переменной ϵ Aig во время двух главных минимумов 1982 и 2010 гг. в спектральном диапазоне 1–5 мкм. Затменная система представляет собой сверхгигант класса F, вращающийся вокруг невидимого более массивного и горячего компонента, окруженного пылевым диском. Отмечается схожесть кривых блеска, их асимметричность и наличие поярчания в середине затмений. Кроме того, зафиксировано посинение цвета в момент начала затмения, которое мы связываем с рассеянием света на частицах пылевого диска.

*A.M. Mickaelian, G.M. Paronyan, H.V. Abrahamyan, K.S. Gigoyan,
M.V. Gyulzadyan*

Armenian Academy of Sciences

SDSS Revised Classification of X-ray Selected Star Candidates

Combined HRC/BHRC catalogue of optical identifications of ROSAT BSC and FSC X-ray sources is based on merging of Hamburg-ROSAT Catalogue (HRC) and Byurakan–Hamburg–ROSAT Catalogue (BHRC). HRC/BHRC contains a sample of 8132 optically identified X-ray sources with count rate (CR) of photons ≥ 0.04 ct/s in the area of the low-dispersion Hamburg Quasar Survey (HQS), $|b| \geq 20^\circ$ and $\delta \geq 0^\circ$. Among these sources, there are 1800 star candidates, including 1429 listed in the SDSS DR10 photometric catalogue and 351 given in the SDSS spectroscopic catalogue. Using these spectra, we have carried out classification of these star candidates to reveal new interesting objects, as well as define the true content of our sample. 27 cataclysmic variables (including many new ones), 4 white dwarfs, 3 late-type stars (K-M and C types), 56 early and medium type stars (O-B, A-F, the latter being mainly bright ones) have been revealed, as well as 246 objects that turned out to be extragalactic ones; 67 emission-line galaxies (HII/SB and AGN, including quasars, Seyferts, and LINERs) and 179 absorption line galaxies were revealed (wrong classifications in HRC/BHRC due to their faint images and low-quality spectra). 15 objects have low-quality spectra in SDSS and are left as “Unknown”. We have retrieved MW data (X-ray, UV, optical, NIR, MIR, and FIR) from recent catalogues and carried out statistical investigations of the multiwavelength properties for the whole sample of stars.

Relations between the radiation fluxes in different bands from X-ray to radio for different types of sources are studied and analysis of their characteristics is made. X-ray selected stars are an important complement to the stellar populations of our Galaxy in the solar neighbourhood and beyond.

А.А. Митрофанова¹, В.В. Шиманский¹, Н.В. Борисов²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет

²Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз

Исследование двух предкатаклизмических переменных

В докладе представлен анализ фотометрических и спектроскопических наблюдений двух предкатаклизмических переменных с sdO-субкарликами (PN G068.1+11.0 и TW Crv). Спектроскопические наблюдения были проведены на телескопе БТА САО РАН. Первичная редукция данных проводилась с помощью программы MaxIm DL. Изменение линий в спектрах объектов обусловлено эффектами отражения. Амплитуды лучевых скоростей вторичных компонент обеих систем определялись по Боуновской бленде линий средне-легких элементов CNO. Фотометрические наблюдения обеих систем были выполнены в полосах B , V , R на телескопах Цейсс-1000 САО РАН (PN G068.1+11.0) и РТТ-150 (TW Crv). Для определения параметров систем использовалось моделирование наблюдаемых кривых блеска. При согласовании теоретических кривых блеска с наблюдаемыми мы старались корректно воспроизвести их амплитуды в трех полосах. Для PN G068.1+11.0 характеристики главной компоненты были взяты из эволюционных треков ядер планетарных туманностей разных масс ($M=0.70M_{\odot}$ и $M=0.78M_{\odot}$) из статьи T. Blocker (1995). В качестве стартовых параметров при моделировании кривых блеска TW Crv использовались данные, опубликованные К.М. Exter et al. (2005). При согласовании теоретических кривых блеска с наблюдаемыми мы старались корректно воспроизвести их амплитуды в трех полосах. Параметры системы варьировались до тех пор, пока не было достигнуто хорошего описания наблюдаемых кривых блеска. Согласовав наблюдаемые и теоретические кривые блеска, мы методом последовательных итераций получили конечные параметры. PN G068.1+11.0 является наиболее горячей системой среди подобных ПП, так как температура главной компоненты получается никак не меньше 170 000 К. Из проведенного анализа следует, что данная система имеет наименьший возраст после прохождения стадии общей оболочки. У обеих систем температура T_2 и радиус R_2 вторичной компоненты превышают стандартные значения для ее предполагаемой массы M_2 . Из этого следует, что у вторичной компоненты наблюдается избыток светимости, аналогичный ранее найденным у других подобных объектов.

*А. А. Михайлов¹, Л.М. Игнатович¹, В.А. Сречкович¹, М.С. Димитриевич²,
Д. Евремович²*

¹Институт физики, Белград, Сербия

²Астрономическая Обсерватория, Белград, Сербия

Ион-атомные и атом-атомные столкновительные процессы и моделирование звездных атмосфер

Представлены результаты, полученные в серии предыдущих работ, о влиянии на оптические и кинетические свойства слабо ионизированных астрофизических плазм двух групп столкновительных процессов: ион-атомных и атом-атомных. В первую входят радиационные процессы типа фотодиссоциация/ассоциация и радиационная перезарядка, а во вторую – хеми-ионизационные/рекомбинационные процессы. Влияние радиационных процессов оценивается путем сравнения их интенсивностей с интенсивностями известных конкурирующих процессов применительно к фотосфере Солнца и к фотосферам белых карликов класса DB.

Изучаемые хеми-ионизационные/рекомбинационные процессы рассмотрены с точки зрения их влияния на населенности возбужденных состояний атома водорода (Солнце и красный карлик класса М с эффективной температурой 3800 К) и атома гелия (белые карлики класса DB). Влияние этих процессов на населенности возбужденных состояний атома водорода исследовано с помощью программы PHOENIX, которая генерирует модель рассматриваемой атмосферы.

Все представленное показывает несомненное влияние рассмотренных радиационных и хеми-ионизационных/рекомбинационных процессов на оптические свойства и на кинетику слабо ионизированных слоев звездных атмосфер. Можно надеяться, что представленные результаты послужат достаточным основанием для включения этих процессов в модели звездных атмосфер.

Т. Мовсисян

Бюраканская астрофизическая обсерватория, Армения

Внутреннее строение звездных джетов

Джеты из молодых звездных объектов представляют собой сильно коллимированные эмиссионные структуры ударного возбуждения с характерной узловой структурой. Эти структуры могут иметь разную физическую природу, и для выяснения механизмов их возникновения необходимо получить полную кинематическую картину, сопоставляя лучевые и тангенциальные скорости.

Для получения карт лучевых скоростей с высоким разрешением и полным пространственным покрытием использованы результаты наблюдений со сканирующим Фабри–Перо интерферометром на 6-м телескопе САО РАН. Эти данные позволили кинематически выделить структуры с разной морфологией. Например, в джете, связанном со

звездой HL Тау, выявлены высокоскоростные и низкоскоростные компоненты с различной морфологией, а именно высокоскоростные компактные и низкоскоростные дугообразные структуры. С целью получения полной кинематической картины была разработана методика измерения собственных движений спектрально выделенных структур по наблюдениям в две разные эпохи. Эти данные позволили сделать вывод о том, что сгустки в джете HL Тау возникли не вследствие нестационарных явлений в непрерывном потоке, а являются результатом эпизодических выбросов вещества из источника.

Подобные же исследования джета у FS Тау В позволили выявить, кроме дугообразных, также структуры, которые образуются вследствие удара при столкновении потока с плотной газо-пылевой стенкой.

Таким образом, можно утверждать, что джеты содержат структуры с разными физическими характеристиками. Среди них: нагретое ударом вещество эпизодических выбросов, дугообразные ударные фронты впереди них, а также ионизованные при столкновении с потоком газо-пылевые структуры с нулевой тангенциальной скоростью.

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

**Исследование массивных двойных рентгеновских систем
IGR J17544–2619 и IGR J21343+4738**

Представлены результаты многолетних наблюдений двойных рентгеновских систем IGR J17544–2619 и IGR J21343+4738 на 1.5-м телескопе РТТ-150. Для системы IGR J17544–2619 найдены орбитальные параметры: $P=4.92693 \pm 0.0003$ сут (периоды 4.9278 ± 0.0002 сут, Drave et al., 2012, 4.9272 ± 0.0004 сут, Drave et al., 2014 были получены по рентгеновским данным), $e=0.28 \pm 0.07$ ($e < 0.4$, Clark et al., 2009), $K=19 \pm 1$ км/с, $\omega=238^\circ \pm 18^\circ$, скорость центра масс системы $\gamma=10 \pm 1$ км/с; вычислена функция масс $f(m)=2.901 \times 10^{-3} M_\odot$. Ранее по отношению линий HeII 4541 Å/HeI 4471 Å оптическая звезда IGR J17544–2619 была классифицирована как O9, а класс светимости Ib определен по наличию линии HeII 4686 Å, что является критерием этого класса светимости. Мы попытались определить спектральный класс оптической компоненты с помощью моделирования синтетических спектров. Теоретические спектры были рассчитаны в программном комплексе STAR на основе моделей атмосфер одиночных звезд с заданными параметрами ($T_{\text{эф}}$, $\lg g$ и химический состав), полученными путем интерполяции сетки моделей Каstellи и Куруца. Расчеты выполнены с учетом не-ЛТР поправок для линий HeI и HeII. Нами был промоделирован общий профиль линий HeI 6678 Å и HeII 6683 Å и получены следующие параметры атмосферы оптической компоненты: $T_{\text{эф}}=34000$ К, $\lg g=3.95$, $[\text{He}/\text{H}]=0.4$, $[\text{M}/\text{H}]=0.5$, $v_{\text{tot}} \times \sin i = 165$ км/с, что соответствует спектральному классу звезды O9 IV-V с

массой порядка $23 M_{\odot}$. Из рентгеновских данных известно, что компактный источник является нейтронной звездой, а значит, его масса не должна превышать $2.5 M_{\odot}$. Наклонение орбиты, таким образом, должно быть больше 30 градусов.

Источник IGR J21343+4738 представляет собой двойную систему, состоящую из компактного объекта (нейтронной звезды или черной дыры) и Ве-звезды. С 2006 по 2012 гг. наблюдалось падение блеска объекта, связанное с увеличением размера экваториального диска Ве-звезды, заслоняющего В-звезду, сопровождающееся искажением водородных и гелиевых линий из-за растущего вклада эмиссионной компоненты от экваториального диска. Затем в 2012 г. произошло разрушение диска, и звезда вернулась к первоначальному блеску. Для построения кривой лучевых скоростей были использованы спектры, в которых профили линий гелия не искажены эмиссионными компонентами звездного диска. Построенная по этим наблюдениям возможная орбита имеет следующие параметры: период системы $P = 40.00 \pm 0.06$ сут, $e = 0.75 \pm 0.1$, $K = 14 \pm 3$ км/с.

И.Ф. Никулин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Вариация скорости и плотности солнечного ветра при нижних соединениях Меркурия и Венеры

С помощью метода наложенных эпох проанализированы вариации скорости и плотности солнечного ветра в 55 случаях для Меркурия и 12 – для Венеры. Достаточная статистика для Меркурия позволила уверенно определить ход изменения скорости и плотности солнечного ветра. Для Венеры можно только предполагать характер изменений при нижних соединениях.

Ю.В. Пахомов

Институт астрономии РАН

Калибровка по длинам волн эшелле-спектрографа Hamilton

В работе предлагается решение проблемы калибровки по длинам волн эшелле-спектрографа Hamilton, установленного на 3-м телескопе Shane Ликской обсерватории. Основная проблема заключалась в отсутствии спектральных линий тория в спектре «Th-Ag» лампы с полым катодом, и с другой стороны, в присутствии многочисленных неизвестных линий. Эти линии были отождествлены со спектральными линиями титана. Оценка газовой температуры внутри лампы позволила вычислить спектр титана и выбрать его основные линии из базы данных VALD. Составлен список линий для работы с данной калибровочной лампой. Использование списка линий позволило провести калибровку спектров по длинам волн с точностью около 0.006 \AA .

Эволюционный статус активной звезды PZ Mon

В работе проводится комплексный анализ звезды PZ Mon, которая классифицируется как активный карлик спектрального класса K2Ve. Представлены многочисленные доказательства того, что данная звезда – гигант. Параметры звездной атмосферы: эффективная температура $T_{eff}=4700\pm 100$ К, ускорение силы тяжести $\lg g=2.85\pm 0.20$ были определены несколькими методами, включая метод инфракрасных потоков и метод моделей звездных атмосфер. Мы оценили массу PZ Mon $M=1.5\pm 0.5 M_{\odot}$, расстояние до нее 260 ± 70 пк и ее радиус $R=7.7\pm 2.0 R_{\odot}$. Обнаружена хромосферная активность, выраженная в профилях спектральных линий Na и He I. Светимость звезды в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах соответствует звездам типа RS CVn. Подтвержден минимальный постоянный фотометрический период переменности 34.13 сут, связанный с вращением звезды с наклоном оси около 70° . Впервые обнаружено изменение лучевой скорости с периодом 34.15 сут, которое вызвано вторичным компонентом массой $0.14 M_{\odot}$. Анализ кривых блеска и лучевых скоростей позволил построить модель распределения пятен по фотосфере звезды, большая часть которых расположена со стороны, направленной на вторичный компонент. Таким образом, PZ Mon является новой переменной звездой типа RS CVn с синхронным вращением и спектральным классом K2III. Среди известных звезд типа RS CVn изучаемая система обладает минимальными массой и отношением масс компонентов.

Г.В. Печерникова

Институт динамики геосфер РАН, Москва

Ко-аккреционная статистическая модель формирования системы Земля–Луна и проблема химического состава долунного роя

Ко-аккреционная статистическая модель формирования системы Земля–Луна определяется двумя составляющими: (1) – образование маломассивного околоземного роя в результате гравитационного захвата тел и частиц из зоны питания планеты в соответствии с ко-аккреционной моделью и (2) – подпитка околоземного роя веществом, выброшенным при макроударах на баллистические и гелиоцентрические орбиты при столкновениях частиц роя с частицами выбросов. Эффективность такого захвата показана в работе Горькавого (2007). В работах по численному моделированию ударов планетезималей по растущей Земле под разными углами предполагалось, что растущая Земля имеет те же строение и отношение массы ядра к полной массе, что и современная планета.

Результаты расчетов показали, что за время роста Земли, начиная с половины ее массы, на гелиоцентрические орбиты было выброшено вещество ударников и верхних оболочек растущей Земли по массе около 4% современной массы Земли, и на баллистические траектории за предел Роша – примерно столько же. Это означает, что через «затравочный» околоземный рой прошел поток вещества ударных выбросов, общая масса которого в несколько раз превышала массу современной Луны. Часть этого вещества была захвачена в долунный рой. Печерниковой (2014) исследована проблема однородности состава вещества, из которого формируются планетезимали, объединяющиеся в планету. Рассмотрены различные механизмы перемешивания вещества в зоне питания планеты в процессе её роста, и показана близость химического и изотопного составов планетезималей-ударников и растущей Земли.

Л.Е. Пирогов

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Структура и пространственные вариации температуры пыли в ядрах, связанных с областями образования массивных звезд

По данным наблюдений излучения пыли в континууме на длине волны 350 мкм с помощью телескопа АРЕХ исследована структура плотных ядер из выборки областей образования массивных звезд из южной полушеры, связанных с яркими источниками IRAS. Рассчитаны радиальные профили плотности в ядрах и проведено сравнение с результатами наблюдений тех же объектов на длине волны 1.2 мм. В нескольких ядрах наблюдения с более высоким угловым разрешением на 350 мкм выявили структуру из набора ступков. Из отношений плотностей потоков на 350 мкм и на 1.2 мм, приведенных к одинаковому угловому разрешению, рассчитаны распределения температуры пыли в ядрах для различных значений степенного индекса зависимости коэффициента поглощения пыли от частоты. Приводится обсуждение результатов.

С.Б. Попов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Эволюция магнитного поля и Великое объединение нейтронных звезд

В докладе рассматривается исследовательская программа, призванная описать эволюцию разных типов молодых нейтронных звезд (радиопульсары, магнитары, Великолепная семерка, центральные компактные объекты и др.) в рамках единой картины. Представлены новые результаты, касающиеся затухания магнитного поля радиопульсаров, а также ненаблюдаемости центральных компактных объектов как радиопульсаров. Показано, что на масштабе времени от ~100000 лет до ~600000 лет поля обычных пульсаров уменьшаются примерно вдвое, после чего наступает фаза холловского аттрактора,

длящаяся несколько десятков миллионов лет. Показано, что после эпизода возвратной аккреции всплывающие поля центральных компактных объектов имеют подавленные мультиполярные компоненты, что может приводить к тому, что эти источники оказываются «радиотихими». Также обсуждается роль изменившегося состава коры в «радиомолчании» центральных компактных объектов.

Д.Н. Раздобурдин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Транзиентная динамика крупномасштабных вихрей в кеплеровском диске

Механизм перехода к турбулентности в кеплеровских дисках до сих пор не удаётся однозначно отождествить. Наиболее популярной на сегодня версией является генерация турбулентности с помощью так называемой магниторотационной неустойчивости (MRI). Однако значения параметра Шакуры–Сюняева, полученные из магнитогидродинамических симуляций, более чем на порядок уступают результатам наблюдений. Одним из возможных вариантов решения этой проблемы является существование альтернативного либо дополнительного способа генерации турбулентности. В качестве такого способа может выступать обходной (bypass) механизм, ответственный за переход к турбулентности в лабораторных условиях в течениях Куэтта и Пуазейля. Работа этого механизма основана на транзитном усилении линейных возмущений в потоке с последующим переходом на нелинейную стадию. Для выяснения роли этого механизма в астрофизических дисках в первую очередь необходимо выяснить, как сильно в потоке могут усиливаться линейные возмущения. В докладе будут приведены результаты расчёта степени усиления возмущений в пространственно локальном и глобальном случаях. Будет также представлено качественное описание механизмов, ответственных за усиление возмущений. Было обнаружено, что самые быстрорастущие сдвиговые гармоники имеют азимутальную длину волны порядка толщины диска. Кроме того, их начальная форма всегда близка к вихревому возмущению с той же потенциальной завихрённостью. Было показано, что глобальные вихри с азимутальной длиной волны, более чем на порядок превосходящей толщину диска, по-прежнему способны к росту в десятки раз.

*А.Н. Ростопчина-Шаховская¹, К.А. Антонюк^{1,2}, Д. Н. Шаховской¹,
С.П. Белан¹*

¹Крымская астрофизическая обсерватория

²Институт космических исследований РАН, Москва

**Маломассивный протопланетный диск Ae-звезды Хербига DD Змеи:
тепловое излучения пыли и вероятное наличие массивных планет**

Обнаружено тепловое ИК излучение пыли в диске DD Ser – малоактивной звезды типа UX Ori, источником которого, видимо, является диск сложной структуры (внутреннее кольцо с температурой пыли около 900 К и внешний диск с температурой менее 300 К). Обнаруженный в многолетних фотометрических наблюдениях период 15.1 года, возможно, указывает на возмущение этого кольца маломассивным спутником (возможно, планетой) с радиусом орбиты около 8 а.е. В целом, выявленные характеристики диска DD Ser (наличие пылевого кольца, плотность которого модулируется с периодом более 10 лет; присутствие во внутренней полости этого кольца компактных пылевых сгустков) практически идентичны характеристикам диска RZ Psc, в котором предполагается наличие активного астероидного пояса внутри орбиты планеты или другого мало-массивного компаньона. Хотя предположение о «столкновительном» источнике пыли в этих системах не бесспорно, сложная структура дисков, проявляемая в распределении энергии в инфракрасном спектре и фотометрической переменности, в особенности долгопериодическая переменность, являются свидетельством наличия уже сформировавшихся массивных планет в этих системах.

М.В. Рябова, Е.О. Васильев, Ю.А. Щекинов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

**Тепловая неустойчивость в охлаждающемся газе и молекулярный
водород**

Рассчитана ионизационная и тепловая эволюция газа, находящегося в поле ультрафиолетового излучения со спектром, типичным для межзвездной среды. При остывании газа из высокотемпературного состояния, $T > 10^5$ К, до температуры ниже 10^4 К в нём начинается образование молекулярного водорода. При распространенности металлов примерно на два порядка меньше солнечной доминирующую роль в охлаждении газа при температурах вблизи 5000 К начинает играть молекулярный водород, изменяя функцию охлаждения таким образом, что оказывается возможным развитие тепловой неустойчивости. Эта возможность может оказаться важной в процессе формирования звезд промежуточного населения или населения I.

Исследование холодных пятен на поверхности звезд по данным космического телескопа Кеплер

По фотометрическим наблюдениям с космическим телескопом Кеплер изучены свойства активных областей (холодных пятен) на поверхности 737 звезд, обладающих планетными системами (экзопланетами). Рассмотрены зависимости величины запятненности звезд с планетными системами от эффективной температуры этих объектов и от периода их осевого вращения. Нет указаний на то, что магнитная активность звезды с экзопланетами имеет ярко выраженные особенности, отличающие ее от активности звезд более обширной выборки. Запятненность звезд с планетными системами в подавляющем большинстве случаев не превосходит 5 процентов от площади их поверхности, три объекта, для которых она превосходит величину в 5 процентов, рассмотрены детально. Найдено, что для звезд с эффективными температурами менее 5750 К существует монотонное уменьшение величины запятненности от периода вращения звезды.

Выполнен анализ свойств активных областей на поверхности 279 звезд спектрального класса G, у которых было открыто более полутора тысяч супервспышек с энергиями в диапазоне 10^{33} – 10^{36} эрг. Проведено рассмотрение диаграмм, связывающих энергии супервспышек с параметрами активности звезд (площадью их магнитных пятен), а также выполнено более обширное исследование активности двух звезд с рекордными значениями числа вспышек. Главный вывод нашего анализа состоит в количественной оценке повышенной запятненности поверхности звезд с супервспышками, которая в свою очередь свидетельствует об их повышенной магнитной активности. Выполнены оценки доли поверхности звезды, которая излучает в ходе вспышки.

М.П. Синицын

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Распределение водорода в ударных бассейнах Луны согласно данным нейтронных спектрометров

В настоящее время существуют результаты работы двух нейтронных спектрометров (LEND и LPNS), которые относятся ко всей поверхности Луны, включая её экваториальную поверхность. До недавнего времени много усилий было посвящено исследованию полярных областей, где обнаружены так называемые neutron suppression regions (NSR), которые представляют собой области с подавленным потоком нейтронов. Однако распределение нейтронного потока (эпитепловые нейтроны) по экваториальной поверхности остаётся пока недостаточно исследованным. Необходимо сказать, что поток эпитепловых нейтронов строго обратно пропорционален концентрации водорода на поверхности Луны на глубине

до двух метров. В докладе представлены результаты изучения распределения нейтронного потока в лунных ударных бассейнах (морях) на всей экваториальной поверхности.

Для оценки изменения нейтронного потока используется так называемый фактор подавления δ , который показывает относительное изменение потока в исследуемой области (ударном бассейне) относительно выбранного участка сравнения. При этом $\delta=0$ в случае, если изменения потока отсутствуют; $\delta>0$, если поток нейтронов меньше, чем в площадке сравнения (подавление потока); $\delta<0$, если поток нейтронов превосходит поток на участке сравнения. В наших исследованиях был взят участок для сравнения в экваториальной области с максимальным потоком нейтронов и, следовательно, с практически нулевым содержанием водорода ($C_H \sim 0$). В результате было выявлено, что: 1) фактор подавления во всех лунных бассейнах положителен, что соответствует повышенному содержанию водорода относительно нуля; 2) на ближней стороне Луны значения концентрации водорода превышают значения, полученные для внешней стороны. Надо сказать, что концентрации водорода для морей на ближней стороне (в районе обширной области, называемой областью KREEP) могут достигать $C_H \sim 100\text{--}200$ ppm, что соответствует концентрации в полярных областях. Необходимо также отметить, что возраст (зрелость) поверхности внешней стороны (3–4 млрд. лет) значительно превышает возраст поверхности внутренней стороны (1–2 млрд. лет). Это означает, что время накопления водорода солнечного ветра на обратной стороне значительно больше, и мы должны были бы наблюдать совершенно обратную закономерность в распределении водорода. В результате, следует сделать вывод, что водородосодержащие элементы ближней стороны Луны выделились из лунных недр в результате выплавления морских базальтов. При нагреве в результате выплавления летучие соединения (водородосодержащие, прежде всего OH и H₂O) испарялись, следовательно, в недрах Луны их концентрация должна превосходить указанное выше значение в 100–200 ppm. Моделирование показывает, что содержание воды в верхней мантии области KREEP может достигать 600 ppm, что приближается к аналогичным концентрациям на Земле. Таким образом, содержание летучих соединений (воды) в лунной мантии может быть настолько значительным, что принятая в настоящее время модель образования Луны в результате импакта может быть поставлена под сомнение.

С.Г. Сичевский

Институт астрономии РАН, Москва

Оценка параметров звезд и межзвездного поглощения с использованием эволюционных треков

В работе предложен метод определения радиуса звезды по её эффективной температуре и ускорению силы тяжести. Метод основан на теоретических расчетах эволюции звезд. Используются эволюционное

треки звезд, соответствующие двум значениям металличности, $[M/H]=0$ и $[M/H]=-1$.

Анализ методической погрешности показал, что в большей части диаграммы Герцшпрунга–Рассела метод имеет точность не хуже 10%, а в области звезд главной последовательности – около 5%. Максимальная методическая погрешность, связанная с упрощениями, положенными в основу метода, составляет около 15%.

Апробация метода на затменных двойных звездах подтвердила корректность предложенного метода оценки радиуса звезды. Показано, что в области звезд главной последовательности метод имеет систематическое отклонение не более 2% и стандартное отклонение относительной погрешности не более 4.7%. В остальной области диаграммы Герцшпрунга–Рассела можно ожидать, что максимальная относительная погрешность также будет близка к методической погрешности, т.е. около 15–20%.

Описанным методом были получены радиусы для моделей звездных атмосфер, которые в основном определяются эффективной температурой и ускорением силы тяжести. Имея оценку радиуса для модели звездной атмосферы, можно синтезировать не только показатель цвета, но и блеск звезды. Это можно использовать в задачах, в которых точность порядка 10% является приемлемой.

О.Г. Таранова, В.И. Шенаврин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Эволюция пылевой оболочки симбиотической Новой V1016 Лебеда, 1978–2014 гг.

Инфракрасная (*JHKLM*) фотометрия (1.25–5 мкм) симбиотической новой V1016 Суг проводилась с 1978 г. по 2014 г. на Крымской станции ГАИШ МГУ. По результатам наблюдений оценены параметры мириды и пылевой оболочки. По всей совокупности данных нашей *J*-фотометрии уверенно определяется период (470 ± 5) сут. Кроме того, наблюдались монотонные изменения блеска и цвета на шкале в несколько тысяч суток. До 1998 г. увеличение среднего ИК-блеска происходило с одновременным уменьшением средних значений ИК-показателей цвета, т. е. происходило рассеяние пылевой оболочки, в которую были погружены оба компонента системы до вспышки горячего источника в 1964 г. Вблизи юлианской даты JD 2450600 (середина 1998 г.) оптическая толщина пылевой оболочки достигла минимума, то есть ее рассеяние продолжалось около 20 лет. Затем характер изменений ИК-блеска и цвета V1016 Суг кардинально изменился: началось падение среднего ИК-блеска и рост средних значений ИК-показателей цвета. Другими словами, оптическая толщина пылевой оболочки начала вновь расти и к концу 2014 г. превысила уровень 1978 г. в несколько раз. Из анализа диаграммы блеск-цвет (*J*, *J-K*) следует, что в пылевой оболочке пылинки по своим оптическим свойствам похожи на загрязненные силикаты. Наблюдаемые

изменения показателей цвета [$J-K$, $K-L$] в 1978–1999 гг. в рамках выбранной модели можно объяснить изменениями температуры фотосферы мириды от 2400 К до 3000 К и оптической толщины пылевой оболочки от 1 до 3 на длине волны 1.25 мкм, при неизменной температуре пылевых частиц (600 К). Наблюдаемые значения показателей цвета $J-K$ и $K-L$, уменьшаясь, стремятся к типичным для мирид значениям. При увеличении температуры мириды плотность пылевой оболочки уменьшается. Абсолютная болометрическая величина составляет $(-5^m.1 \pm 0^m.15)$. Расстояние -2.8 ± 0.6 кпк; светимость и радиус мириды $8.6 \times 10^3 L_\odot$ и $500 R_\odot$. Радиус пылевой оболочки $\sim 1400 R_\odot$, масса $(3-3.3) \times 10^{-5} M_\odot$.

Н.Н. Шахворостова, А.В. Алакоз
Астрокосмический центр ФИАН, Москва

Оценки потоков и минимальной яркостной температуры для ряда мазерных источников по результатам наблюдений с КРТ «Радиоастрон»

Оценены потоки излучения в линии H_2O для водяных мазеров W3 IRS5, Cepheus A, W3OH, W49N и Orion KL по результатам наблюдений в 10 сеансах с КРТ «Радиоастрон». Диапазон наземно-космических баз в этих сеансах составил от 1 до 5.5 диаметров Земли. Типичные потоки составили от 10 Ян до 200 Ян. Для указанных источников по измерениям интерферометрической видности был оценен нижний предел яркостной температуры в предположении гауссова распределения интенсивности излучения. Типичные оценки минимальной яркостной температуры составляют порядка 10^{14} К.

В.Г. Элбакян¹, Э.И. Воробьев^{1,2}, И. Бараф³, Ж. Шабрие^{4,3}

¹Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону

²Университет Вены, Австрия

³Университет Эксетера, Великобритания

⁴Университет Лиона, Франция

Влияние протозвездной аккреции на раннюю эволюцию звезд (суб)-солнечной массы

Наблюдаемый разброс светимости молодых звезд в ближайших регионах звездообразования традиционно интерпретируется как результат разброса возрастов звезд в пределах от 1 до 10 млн. лет. Однако данный вывод базируется на использовании модельных треков звезд до главной последовательности без учета аккреции вещества на ранних этапах эволюции. В данной работе представлены эволюционные модели для молодых маломассивных звезд и коричневых карликов с учетом аккреции в течение первого миллиона лет эволюции. Найдено, что наблюдаемый разброс светимостей звезд может быть получен для значительно более узкого (чем 1–10 млн лет) интервала возрастов звезд. Более того,

аккрецирующие звезды с возрастом 1 млн. лет могут иметь такую же светимость, как неаккрецирующие звезды с возрастом 10 млн. лет. Таким образом, использование изохрон для неаккрецирующих звезд может давать ошибку в 10 раз в определении возраста звезды. Данное исследование вносит важный вклад в наше понимание образования звезд и их эволюции на ранних стадиях.

Секция «Преподавание и популяризация астрономии»

М.В. Богданова

Лицей «Вторая школа», г. Москва

Астрономическая игра «Секретный архив»

В докладе описывается исследовательская командная задача в виде игры или самостоятельной работы для школьников 6–11 классов. Основная задача игры – смоделировать исследовательскую работу в области астрономии без использования непосредственных наблюдений. Материалами для задачи являются «немые» участки звездного неба, наблюдаемого с одной из планет Солнечной системы, на которых расположены не только звезды, но также некоторые планеты и спутники планеты. Такие карты могут быть получены с помощью любой программы-планетария и распечатаны в качестве «наблюдательных данных». Ученикам предлагается: определить положение этих участков на небесной сфере (определить созвездия и яркие звезды), выделить незвездные объекты, определить траекторию движения этих объектов, определить, с какой планеты ведутся наблюдения и что за планеты (спутники) изображены на картах. Астрономическая игра по материалам данной задачи проводилась автором в летнем научном лагере для детей 9–16 лет в 2014 году. Игра вызывает большой интерес у учащихся разного возраста и разного уровня теоретической подготовки. Эта задача в различных вариантах может быть использована на конкурсах, олимпиадах или в виде контрольной работы на уроках астрономии или физики.

*И.С. Брюханов¹, И.И. Балюк, И.М. Сергей, В. Ватутина, А. Ивчик,
Т. Смоленчук, М. Фурса, Р. Ватолин, В. Осадчая, А. Прокопович,
Д. Акулич, Е. Зарицкая*

¹Республиканский центр инновационного и технического творчества,
Минск, Беларусь

Измерения блеска и исследование на снимках олл-скай камер переменных звёзд высокого и среднего блеска

В декабре 2009 г. И.М. Сергей предложил идею использовать снимки качественных метеорологических олл-скай камер для наблюдений метеорных потоков. Далее идею развил И.С. Брюханов. Оказалось, что разумной погрешностью 0.1–0.2^m по таким снимкам можно проводить глазомерные измерения блеска (внесистемная фотометрия в полосах *CV* и *CR*) ярких переменных периодических звёзд от 1.5 до 6.5^m специально для отслеживания изменений *O–C* у них и исследования периодов, а не только для открытия и фотометрии вспышек Новых звёзд.

В работе представлены различные тестовые кривые блеска переменных звёзд, полученные разными измерителями-наблюдателями с разным опытом работы глазомерным способом и, для сравнения, 2 теста компьютерным способом. Следует иметь в виду, что на разных олл-скай камерах в разное время года получают от 450 до 2000 снимков в формате *jpeg* в сутки.

По мнению Н.Н. Самуся (ИНАСАН, ГАИШ), такую внесистемную фотометрию можно использовать для определения моментов минимумов затменных переменных звёзд северного и южного полушарий неба. Л.Н. Бердников (ГАИШ, Обсерватория Энтото) предложил использовать ее для определения моментов максимумов цефеид высокого и среднего блеска.

*И.С. Брюханов¹, И.М. Сергей, А.В. Голубаев, В.А. Мечинский, А. Таболич,
В. Таболич, А. Любимов, А. Черник, М. Чернявский, И. Назарук,
М. Назарук, С. Короткий, З. Лапицкий, Л. Молчанов, К. Ушаков, А. Гаин,
Р. Грабовский, Д. Старовойтов, Д. Акулич, Е. Зарицкая*

¹Республиканский центр инновационного и технического творчества,
Минск, Беларусь

Определение и исследование на снимках олл-скай камер радиантов метеорных потоков

В декабре 2009 года И.М. Сергей предложил идею использования снимков качественных метеорологических олл-скай камер для наблюдений метеорных потоков. По тестовым просмотрам снимков камер И.С. Брюханов установил, что они непригодны для счёта метеоров, но могут использоваться для определения радианта метеорного потока.

Качественные снимки метеорологических камер с в формате *jpeg* пригодны для патруля метеорных потоков и проработки радиантов метеорных потоков в северном и южном полушариях неба, что проверено

на примере потоков Геминиды, Персеиды, Леониды, Драконида-2011, вспышки Эпсилон-Персеид в сентябре 3013, потока Фенициды 2009 и 2013), где преобладают метеоры ярче 3^m и при зенитном часовом числе выше 15 метеоров в час. В январе 2015 г. были проведены специальные исследования радианта метеорного потока Квадрантиды в интервале 2001–2015 гг.

В августе 2014 г. был закончен уникальный предварительный поиск метеоров от кометы C/2012 S1 (ISON); обнаружен слабый всплеск активности метеоров в интервале времени 05.01.2014–27.01.2014. Пик активности пришёлся на 13–14 января и был зафиксирован тремя камерами.

М.Ю. Королев, Н.И. Одинцова

Московский педагогический государственный университет
**Астрономическая составляющая естественнонаучной подготовки
студентов педвузов в условиях ФГОС**

Модернизация системы образования в целом и переход на уровневую систему высшего образования привели к необходимости пересмотра целей и структуры подготовки магистров. Одним из важнейших направлений становится ориентация на интеграцию содержания, как отдельных дисциплин, так и магистерских программ в целом.

При кафедре физики для естественных факультетов МПГУ в 2011 году в процессе перехода на ФГОС ВПО (а затем ФГОС ВО) была разработана и открыта магистерская программа «Современное естествознание» по направлению «Педагогическое образование». Основная цель программы – это подготовка магистров, способных осуществлять исследовательскую, научно-методическую и педагогическую деятельность, работать в профильной школе, разрабатывать и реализовывать образовательные программы, отвечающие современному уровню развития естественных наук.

Предлагаемая программа магистерской подготовки в области естествознания направлена на реализацию концепции метапредметности естествознания, предполагающей интеграцию физических, астрономических, химических, биологических, геолого-географических и экологических знаний об окружающей среде, раскрытие методологических и теоретических основ формирования естественнонаучной картины мира.

Астрономическая подготовка студентов в рамках магистерской программы «Современное естествознание» осуществляется в трех направлениях:

1) в рамках преподаваемых научных дисциплин астрофизической направленности: «Основы современной астрофизики и космологии», «Строение и эволюция Солнечной системы»;

2) в рамках интегративных естественнонаучных дисциплин: «Фундаментальное естествознание», «Метод моделирования в естествознании»;

3) в рамках дисциплины «Методика обучения естествознанию в средней школе».

Это позволяет осветить различные научные и методические аспекты астрономической составляющей естественнонаучной подготовки студентов педвузов в условиях ФГОС ВО.

А.К. Муртазов, Ю.Н. Воробьев, А.В. Ефимов

Рязанский гос. университет им. С.А. Есенина

Объединение интегрированного дополнительного образования детей и модель научной школы

Развитие интегрированного с наукой дополнительного образования детей не может обойтись без анализа понятия «научная школа» и исследования вопросов применения этого понятия к детскому творческому объединению. Рассмотрены основные признаки и характеристики научных школ, выделяющих их из общего множества научно-исследовательских коллективов. Показано, что принцип единства образовательной и исследовательской функций научной школы аналогичен идее развивающей и развивающейся образовательной среды научно-исследовательского объединения в сфере дополнительного образования детей.

М.Ю. Королев, Н.И. Одинцова

Московский городской педагогический университет

Астрономическая составляющая естественнонаучной подготовки студентов педвузов в условиях ФГОС

Модернизация системы образования в целом и переход на уровневую систему высшего образования привели к необходимости пересмотра целей и структуры подготовки магистров. Одним из важнейших направлений становится ориентация на интеграцию содержания, как отдельных дисциплин, так и магистерских программ в целом.

При кафедре физики для естественных факультетов МПГУ в 2011 году в процессе перехода на ФГОС ВПО (а затем ФГОС ВО) была разработана и открыта магистерская программа «Современное естествознание» по направлению «Педагогическое образование». Основная цель программы – это подготовка магистров, способных осуществлять исследовательскую, научно-методическую и педагогическую деятельность, работать в профильной школе, разрабатывать и реализовывать образовательные программы, отвечающие современному уровню развития естественных наук.

Предлагаемая программа магистерской подготовки в области естествознания направлена на реализацию концепции метапредметности естествознания, предполагающей интеграцию физических,

астрономических, химических, биологических, геолого-географических и экологических знаний об окружающей среде, раскрытие методологических и теоретических основ формирования естественнонаучной картины мира.

Астрономическая подготовка студентов в рамках магистерской программы «Современное естествознание» осуществляется в трех направлениях:

1) в рамках преподаваемых научных дисциплин астрофизической направленности: «Основы современной астрофизики и космологии», «Строение и эволюция Солнечной системы»;

2) в рамках интегративных естественнонаучных дисциплин: «Фундаментальное естествознание», «Метод моделирования в естествознании»;

3) в рамках дисциплины «Методика обучения естествознанию в средней школе».

Это позволяет осветить различные научные и методические аспекты астрономической составляющей естественнонаучной подготовки студентов педвузов в условиях ФГОС ВО.

А.Г. Пахомов

Российский университет дружбы народов, Москва

Памяти С.Б. Александрова

В начале года ушёл из жизни Сергей Борисович Александров (21.12.1925–3.02.2015), талантливый инженер-механик, оптик, телескопостроитель, фотограф, родной племянник создателя оптических систем Дмитрия Дмитриевича Максудова.

С.Б. Александрова можно по праву считать уникальным любителем астрономии. Более сорока лет он занимался фотографированием объектов дальнего космоса. Туманности, скопления, галактики – всё было доступно его пытливому взору.

Родился Сергей Борисович в г. Одессе. С 1956 года непрерывно проживал в Рязани. Окончил московский Всесоюзный заочный политехнический институт. Работал на заводе счётно-аналитических машин (САМ), прошёл путь от простого инженера до зав. сектором. Занимался разработкой печатающих устройств. В 1985 г. ушёл на пенсию.

Практически до самого последнего времени Сергей Борисович вёл телескопические наблюдения Луны, планет, Солнца. Проводил полноценную работу по изучению оптических заготовок для изготовления телескопов. Последняя работа С.Б. Александрова «Из опыта контроля фигуры главного зеркала любительского телескопа-рефлектора» была завершена в сентябре 2014 г.

Проблема поиска внеземной жизни вызывает огромный интерес студентов. В мире существует несколько курсов по астробиологии, показывающих эффективность их использования в образовательном процессе.

Впервые спецкурс «Проблема поиска внеземных цивилизаций» был разработан в Ярославском государственном педагогическом университете в 2012 г. Он посвящен становлению науки о поиске жизни во Вселенной; в нем рассматривается прошлое и будущее земной цивилизации; описывается поиск внеземных цивилизаций в пространстве–времени; исследуются последствия (возможного) контакта цивилизаций; интерпретируется на основе физических законов так называемый феномен НЛО. Впервые представлена система задач, иллюстрирующих современное состояние астрономической Вселенной, влияющей на человечество, а также влияние человечества на космос. Студентам предлагается решить нерешенные проблемы и опубликовать полученные результаты в форме научных статей.

Курс показывает возможность объединения большого числа различных областей знаний в единой фундаментальной науке. Одной из целей курса является привлечение студентов к научно–исследовательской работе. Учебный план состоит из 24 часов лекций и 74 часов практических и семинарских занятий.

Предлагаются следующие темы занятий. 1. Постановка проблемы SETI в XXI веке. 2. Влияние космоса на земную цивилизацию. 3. Действие земной цивилизации на космос. 4. Проблемы астробиологии. 5. Модель перехода от неживой материи к биологической активности и земной цивилизации. 6. Космическое будущее земной цивилизации. 7. Методы поиска внесолнечных планет в пространстве–времени. 8. Методы оценки числа внеземных цивилизаций в Метагалактике. Критический анализ формулы Дрейка. 9. Направления поиска внеземных цивилизаций. 10. Методы связи с внеземными цивилизациями. 11. Что даст человечеству контакт с внеземной цивилизацией? 12. НЛО и «состоявшиеся» визиты инопланетян. Физика «аномальных» явлений. 13. Перспективы развития астробиологии. 14. Всеволновой поиск внеземного разума. 15. Проблема межзвездных путешествий. 16. Модели эволюции Вселенной. 17. Пространственно-временная шкала во Вселенной. 18. Изменения физических констант. Четыре безразмерные фундаментальные константы. 19. Антропный принцип. 20. Модель эволюции космических цивилизаций. 21. Парадоксы Ферми. 22. Космический субъект Лефевра. 23. Астросоциологический парадокс. 24. Каталог SETI объектов. 25. Космология и SETI. Темная материя и темная энергия. 26. Педагогика и SETI. Новая картина Вселенной. 27. Методические возможности

Культурно-просветительского центра имени В.В. Терешковой для астрономического образования и просвещения.

С.М. Пономарев, М.А. Фаддеев

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
**Современное состояние астрономического образования в
нижегородском регионе**

Современное состояние астрономического образования в Н. Новгороде вызывает серьезное беспокойство. Это касается как системы высшего, так и среднего образования. Практически отсутствует подготовка преподавателей астрономии (и физики) для школ!

Определенные выводы можно делать на основе анализа олимпиадных работ по астрономии. Совсем недавно Нижегородская область занимала одну из лидирующих позиций во Всероссийской (и даже международной астрономической олимпиаде). В настоящее время ситуация изменилась.

Прекратил функционирование один из центров астрономического образования в городе – кафедра астрономии педагогического университета, имевшая (хотя и не очень хорошее по современным меркам) оснащение для астрономической подготовки студентов (обсерваторию, планетарий), на базе которого проводилась регулярная работа со школьниками.

В настоящее время мы, с надеждой как-то поправить ситуацию, обращаем взор на флагмана образовательной деятельности нашего региона ННГУ им. Н.И. Лобачевского, в котором традиции астрономической деятельности (как научной, так и образовательной) существуют с первых лет его создания.

В плане астрономической подготовки студентов в университете можно отметить следующее.

На физическом факультете в настоящее время читаются следующие курсы: «Астрономия», «Астрофизика», «Основы космонавтики» для студентов бакалавриата и магистратуры. Разрабатываются учебно-методические материалы и учебные пособия.

Ведется активная работа со школьниками. На факультете действует астрономическая секция НОУ. Для руководства научными работами привлекаются сотрудники других учебных заведений и Нижегородского планетария.

С 1914 г. при университете открыта школа, в которой есть физико-математический класс. В нем читается двухгодичный курс астрономии. Элементы астрономии преподаются и в младших классах.

Запланировано сооружение учебно-исследовательской обсерватории на территории базы отдыха ННГУ «Заря». К настоящему времени разработан проект, строительство начнется весной этого года.

*А.В. Ширяева¹, И.И. Балюк², С.А. Дубровский², И.М. Сергей²,
А.А. Побыха²*

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

²Проект Astrobloknот, республика Беларусь

Дата-майнинг в любительской астрономии

Студентка 5 курса МГУ А.В. Ширяева представит свои открытия и исследования новых переменных звезд с помощью цифровых обзоров (дата-майнинг).

Проект "Astrobloknот" (Astronomical notebook) из Белоруссии представляет итоги своих поисков новых переменных звезд с помощью цифровых обзоров и автоматической обработки рядов фотометрии комплексом программ. Во второй фазе поиска принимает участие оператор-наблюдатель, который систематизирует итоги поиска, правильно определяет типы переменности новых переменных и готовит результаты к публикации.

И. Шмелд

Международный радиоастрономический центр Вентспилса, Латвия

Астрономическое образование и популяризация астрономии в Латвии

Будет представлен краткий обзор состояния дел в области астрономического образования и популяризации астрономической науки в Латвийской республике.

Секция «Современная звездная астрономия»

*В.П. Архипова, О.Г. Таранова, Н.П. Иконникова, В.Ф. Есипов,
Г.В. Комиссарова, В.И. Шенаврин*

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Полвека после вспышки симбиотической новой V1016 Лебеда

В результате многолетнего фотометрического мониторинга на Крымской станции ГАИШ МГУ получены UBV и $JHKLM$ -наблюдения симбиотической новой V1016 Cyg после вспышки. За полвека звезда в оптическом диапазоне ослабела на 1.5^m , причем показатель цвета $U-V$ оставался почти неизменным, начиная с 1980 г., а $B-V$ показал до 2000 г. волну с амплитудой 0.2^m , а затем монотонный рост покраснения на 0.4^m к 2014 г. Эволюция показателей цвета в оптическом диапазоне качественно рассмотрена в модели трех источников излучения: горячего компонента с T_{eff} более 10^5 К, мириды и газовой оболочки (туманности), сформированной после вспышки. По результатам ИК-наблюдений оценены параметры мириды и пылевой оболочки. По всей совокупности данных J -фотометрии уверенно определяется период пульсаций мириды,

равный 470 ± 5 сут. Средний по пульсационному периоду блеск холодного компонента в *JHKLM*-диапазоне показал монотонное падение после 1998 г. и покраснение показателей цвета с нормальным законом поглощения света, что связано с образованием дополнительной пылевой составляющей. На 125-см телескопе Крымской станции ГАИШ МГУ выполнена абсолютная спектрофотометрия V1016 Cyg за период 1995–2013 гг. в диапазоне $\lambda 4340\text{--}7130$ Å. Показано, что практически все абсолютные потоки в линиях, а также в континууме на $\lambda 4400$ Å, монотонно падают после 2000 года, тогда как относительные интенсивности линий [O III], [Fe VII], [Ca VII] растут после минимума, вероятно, имевшего место в 90-е годы XX века. Рост относительной интенсивности эмиссии He II $\lambda 4686$ Å связан, по-видимому, с увеличением температуры возбуждающей звезды. Отмечено особое поведение рамановской линии O VI $\lambda 6825$ Å. Оценены параметры небулярной оболочки звезды в зонах свечения [N II] и [O III]. Критически рассмотрен вопрос о возможном орбитальном периоде звезды. Модель сталкивающихся ветров в симбиотических звездах пока не находит уверенного подтверждения в послевспышечной эволюции V1016 Cyg.

В.В. Бобылев, А.Т. Байкова, К.С. Широкова

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Обнаружение вертикальных возмущений в скоростях галактических мазеров

По литературным данным мы собрали информацию о галактических мазерах с измеренными методом РСДБ тригонометрическими параллаксами. Мы получили ряды остаточных тангенциальных и радиальных скоростей для 107 мазеров. На основе этих рядов мы переопределили параметры Галактической спиральной волны плотности в соответствии с линейной моделью Лина и Шу с использованием метода периодограммного (спектрального) анализа. Значения амплитуд тангенциальных и радиальных возмущений составили $f_{\theta}=6\pm 2.6$ км/с и $f_R=7.2\pm 2.2$ км/с, соответственно; длина волны возмущений $\lambda_{\theta}=3.2\pm 0.5$ кпк и $\lambda_R=3\pm 0.6$ кпк для четырехрукавной модели спирального узора ($m=4$). Фаза Солнца χ_{Sun} в спиральной волне составила $-79^{\circ}\pm 14^{\circ}$ и $-199^{\circ}\pm 16^{\circ}$ исходя из остаточных тангенциальных и радиальных скоростей соответственно. Наиболее важным результатом настоящей работы является обнаружение волны в скоростях W как функции галактоцентрического расстояния R , которая особенно заметна в области местного рукава и рукава Персея. С использованием спектрального анализа мы нашли следующие характеристики этой волны: длина волны возмущений $\lambda=3.4\pm 0.7$ кпк, амплитуда возмущений $f_W=4.3\pm 1.2$ км/с.

Поиск эмпирической зависимости количества кратных звезд от степени их кратности

В последние годы особое внимание уделяется накоплению наблюдательных данных о кратных звездах. В частности, опубликованы каталоги кратных звезд А.А. Токовина, J. Dommanget and O. Nys (2002) и др. В этих каталогах даны некоторые основные параметры кратных звезд. Пришло время, когда необходимо собрать все имеющиеся каталоги и списки кратных звезд и выполнить подробную статистику. Но нас в данной работе интересует ответ на вопрос, существует ли какая-либо статистическая зависимость между количеством наблюдаемых кратных звезд и их степенью кратности. В принципе, с точки зрения статистики такая зависимость должна быть в микро- и макромире. Если, даже весьма приближенно, такая зависимость для кратных звезд существует на самом деле, то она могла бы быть использована не только в проблемах динамики кратных систем, но и в изучении эволюции областей звездообразования и формирования таких систем. Однако данные наблюдений достаточно противоречивы. В частности, количество кратных звезд у некоторых авторов различается почти на порядок. Тем не менее, нами найдена в отдельности зависимость логарифма количества кратных звезд от степени их кратности в рамках трех случаев: 1) на основе каталога J. Dommanget and O. Nys, 2) на основе данных В.В. Орлова и В. Титова (2005) для окрестности Солнца, 3) на основе данных нашего сводного каталога.

Н.О. Буданова, В.И. Корчагин, М.Л. Гожа

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Кинематические свойства толстого диска Галактики по данным каталогов RAVE DR4 и SPM4

На основе данных каталогов RAVE DR4 SPM4 исследованы пространственно-кинематические свойства звезд, принадлежащих толстому диску Галактики. Вычислены координаты (x, y, z) звезд, а также галактоцентрические компоненты (V_R, V_θ, V_z) их пространственных скоростей. Исследуемая выборка ограничена звездами окрестности Солнца, с $|Z| \leq 0.5$ кпк и $R \leq 1$ кпк, у которых относительная ошибка собственных движений, лучевых скоростей и расстояний менее 50%. Выделение звезд толстого диска производилось по следующим критериям: компонента скорости, перпендикулярная плоскости галактического диска, ограничена значениями $40 \leq |V_z| \leq 80$ км/с; отобраны звезды с металличностью $[Fe/H] \leq -0.4$. Окончательная выборка содержит 962 звезды, с большой вероятностью принадлежащих толстому галактическому диску. На основе выборки определены дисперсии скоростей толстого диска Галактики ($\sigma_{VR} = 90$ км/с, $\sigma_{V\theta} = 64$ км/с, $\sigma_{Vz} =$

51 км/с). Дисперсии скоростей толстого диска согласуются с результатами, полученными в работе Kordopatis et al. (2013).

М.А. Бурлак, В.Ф. Есинов, Г.В. Комиссарова

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
**Ранняя фотометрическая и спектральная эволюция Новой Лебеда
2014 (V2659 Cygni)**

На основании фотометрических и спектральных наблюдений Новой Лебеда 2014 (V2659 Cyg) мы проследили ее эволюцию от ранней стадии до появления небулярных линий. Фотометрические *UBV*-наблюдения проводились с 2 мая до 14 декабря 2014 года, было получено 42 оценки блеска. После первой вспышки, когда был достигнут максимум блеска, новая ослабевала немонотонно, испытывая нерегулярные колебания блеска с амплитудой до 2 звездных величин. Сходное поведение наблюдалось у некоторых других медленных новых, например, V5558 Sgr и V2450 Oph. Спектральные наблюдения низкого разрешения в диапазоне 4000–10500 Å проводились в течение 9 ночей с мая по октябрь, были получены спектры новой в состоянии вспышки, между вспышками, а также в начале небулярной стадии, когда вспышки прекратились. На стадии колебания блеска в спектре новой присутствовало много эмиссионных линий (H I, Fe II, O I), имеющих профиль типа P Cyg. Абсорбционные компоненты этих линий усиливались, когда блеск новой возрастал. Уже на стадии вспышек появились первые запрещенные линии ([OI] и [NII]), интенсивность которых падала при повышении блеска. Мы сравнили спектральную эволюцию V2659 Cyg с поведением V5558 Sgr (Танака и др., 2011) и выявили ряд сходств и различий.

С.В. Верещагин, Н.В. Чупина

Институт астрономии РАН, Москва

**Особенности строения и кинематики звездных потоков Кастор и
Большая Медведица**

Собственный подход, основанный на методиках «ближайшего соседа» и индивидуальных апексов звезд, позволяет получить детальную картину звездных движений на различных расстояниях от Солнца и понять особенности пространственной структуры и кинематики звезд. Кроме того, выбор ближайших к Солнцу потоков Кастор и Большая Медведица (БМ) дает выигрыш в точности и надежности рассматриваемых параметров (собственных движений, лучевых скоростей, параллакс, возрастов и т.п.) и, следовательно, позволяет рассчитывать на новые результаты. Отобраны и проанализированы опубликованные списки звезд входящих в состав потоков Кастор и БМ, обсуждены спорные моменты для некоторых звезд. По полученным выборкам изучены пространственные распределения звезд, их peculiar скоростей и индивидуальных апексов. Определено

положение апекса Кастора. Сравнение параметров двух потоков показало, что они движутся навстречу друг другу, и их звезды перемешаны в пространстве. Рассмотрены спектры флуктуаций скорости двух потоков в целом и выделенных ранее кинематических групп потока БМ в координатах $\lg(dV)$, $\lg(l)$, где l – размер группы или потока, dV – внутренняя дисперсия скоростей. Полученные спектры флуктуаций скорости позволили увидеть и обсудить аргументы как за, так и против различных физических процессов, таких как гравитационная фрагментация и турбулентность протозвездного газа, лежащих в основе образования рассматриваемых звездных систем.

Е.В. Глушкова¹, А.С. Расторгуев¹, М.В. Заболотских¹, С.Е. Копосов^{1,2}

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²Кембриджский университет, Великобритания

Связь цефеид Галактики с рассеянными звёздными скоплениями

Целью нашей работы является поиск и анализ неизвестных ранее генетических связей между рассеянными скоплениями и цефеидами Галактики. Такие пары впоследствии можно использовать для уточнения зависимости «период – светимость» цефеид и выведения статистических закономерностей в совместном распределении скоплений и цефеид.

Нами исследованы 25% звезд из каталога Бердникова (2015), куда включены 674 цефеиды с надежно определенными параметрами. На основании фотометрических и кинематических данных отобраны 19 цефеид, которые обнаруживают связь со скоплениями, причем четыре скопления – это открытые нами новые РЗС.

М.Л. Гожя, В.А. Марсаков

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Определение содержаний химических элементов в рассеянных звездных скоплениях Галактики

По данным из 109 работ, опубликованных с 1991 г. по 2015 г., для 90 рассеянных звездных скоплений собраны спектроскопические определения относительных содержаний $[el/Fe]$ химических элементов, произведенных в различных процессах ядерного синтеза. Отобраны данные по содержанию α -элементов (O, Mg, Si, Ca, и Ti), элементов железного пика (Fe), элементов медленных (Y, Ba, La, Ce, Nd, и Zr) и быстрых (Eu) нейтронных захватов, элементов с нечетным числом протонов (Na, Al). Для скоплений с двумя и более определениями содержаний каждого из исследуемых химических элементов вычислены средние взвешенные значения с коэффициентами, обратно пропорциональными заявленным авторами работ неопределенностям. Для оценки внешней сходимости определений содержаний каждого элемента, полученных разными авторами, исследованы распределения отклонений авторских относительных содержаний в данном скоплении от

вычисленных по ним средневзвешенных значений; анализ показал отсутствие систематических ошибок.

Составлен компилятивный каталог параметров 346 рассеянных звездных скоплений, содержащий металличности, положения, возрасты, скорости, элементы галактических орбит, относительные содержания четырнадцати химических элементов. Каталог уже используется для анализа свойств относительных содержаний химических элементов в рассеянных звездных скоплениях Галактики.

А. О. Громов, И. И. Никифоров, Л. П. Осипков
Санкт-Петербургский государственный университет
Модель Галактики по данным о кинематике мазеров

В работе строится модель распределения массы для нашей Галактики. Предполагается существование третьего квадратичного по скоростям интеграла движения. Таким образом, потенциал рассматриваемого семейства является штеккелевским. Оценка параметров модели производится путем сравнения модельной кривой вращения со 103 наблюдаемыми значениями круговых скоростей. Эти значения получены путем исследования регионов звездообразования радиообсерваториями. В настоящее время РСДБ-наблюдения мазерных источников является наиболее точным способом определения расстояний до космических объектов, что позволяет надеяться на то, что полученная модель будет хорошо описывать реальные звездные системы.

А.К. Дамбис, А.С. Расторгуев, М.В. Заболотских
Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Кривая вращения Галактики за солнечным кругом

По выборке из ~12000 звезд спектральных классов O-A из каталога Minguio et al. (2013, 2014) с расстояниями и другими параметрами, определенными по данным фотометрии в системе Стремгrena и собственными движениями из каталога UCAC4, проанализирован ход кривой вращения Галактики в важном, но до сих пор недостаточно подробно исследованном интервале галактоцентрических расстояний от R_0 до R_0+6 кпк. В рассматриваемом интервале сглаженная кривая вращения оказывается практически плоской: полная амплитуда значений круговой скорости составляет около 22 км/с, а среднеквадратичный разброс около 3 км/с. Подтверждается наличие незначительного понижения круговой скорости в окрестности R_0+3 кпк.

Рассчитаны пространственные орбиты пробных тел (комет, планет) в поле звезды (например, Солнца) с учетом гравитационного воздействия Галактики. Устанавливается характер типа финальных движений (вылет, приближение к звезде и др.) в зависимости от начальных условий.

*А.И. Захаров, В.Г. Мошкалев, А.В. Миронов, Н.Л. Крусанова,
М.Е. Прохоров*

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
**Исправленная версия *WBVR*-каталога ярких звезд северного неба
ГАИШ**

Фотометрический *WBVR*-каталог ярких звезд северного неба был создан по оригинальным наблюдениям, проводившимся в Тянь-Шанской высокогорной экспедиции ГАИШ в 1985–1988 гг. Каталог был опубликован в виде отдельного тома Трудов ГАИШ в 1991 г. Он содержит 13586 объектов (звезд и кратных систем), для которых приведены величины V и колор-индексы $W-B$, $B-V$, $V-R$. Каталог полон до $V=7,2^m$ и включает объекты до 10^m . *WBVR*-каталог обладает очень высокой фотометрической однородностью, систематические погрешности не превышают 0.015^m и сравнимы только с погрешностями фотометрической части каталога, полученного в космическом эксперименте Hipparcos.

Последующее исследование опубликованного каталога показало наличие в нем ряда ошибок. Чаще всего эти ошибки связаны с путаницей в компонентах двойных и кратных систем и с ошибками в номерах наблюдавшихся звезд.

Наблюдения для каталога велись с помощью 4-цветного фотометра конструкции В.Г. Корнилова и А.В. Крылова. Основные наблюдения проводились с $30''$ полевой диафрагмой. Для двойных и кратных звезд с расстояниями между компонентами порядка десятков секунд было возможно наведение как на отдельные компоненты системы, так и на несколько компонент сразу. При этом реальная наблюдательная ситуация не всегда правильно фиксировалась в журнале наблюдений. Это наиболее часто встречающаяся ошибка каталога.

Другая частая ошибка – наблюдение «не той звезды», поскольку наведение производилось вручную. В результате таких ошибок в ряду наблюдений объекта появлялись заметные «выбросы».

Встречаются также единичные ошибки других типов.

В каталоге обнаружено и исправлено примерно 200 ошибок. Следует отметить, что мы представляем именно исправленную версию *WBVR*-каталога, основанного на тех же наблюдениях, что и каталог,

опубликованный в 1991 г. Дополнительные измерения (а они велись примерно до 1993 г.) в эту версию каталога не включались.

*А.И. Захаров, В.Г. Мошкалева, А.В. Миронов, Н.Л. Крусанова,
М.Е. Прохоров, С.А. Ходыкин, В.С. Козырева*

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Продолжение *WBVR*-каталога до 15^m наземными средствами

Фотометрический *WBVR*-каталог ярких звезд северного неба был создан по оригинальным наблюдениям, проводившимся в Тянь-Шанской высокогорной экспедиции ГАИШ в 1985–1988 гг. Каталог был опубликован в виде отдельного тома Трудов ГАИШ в 1991 г. Каталог содержит 13586 объектов (звезд и кратных систем) для которых приведены величины V и колор-индексы $W-B$, $B-V$, $V-R$. Каталог полон до 7.2^m и включает объекты до 10^m. *WBVR*-каталог обладает высокой фотометрической однородностью, случайные погрешности не превышают 0,003^m и сравнимы только с погрешностями фотометрической части каталога Hipparcos.

Существует потребность в многоцветном фотометрической каталоге сравнимой точности, полном до 15^m. Этот каталог заполнит пробел между каталогами Tycho-2 и SDSS, который начинается с 15^m.

Подобный каталог мог быть получен в космическом эксперименте «Лира-Б», предложенным к постановке на Российском сегменте МКС ГАИШ МГУ. Однако создание аппаратуры для этого эксперимента сегодня заторможено. Необходимо искать другие пути создания подобного каталога.

Один из возможных путей – наземные наблюдения. Для этого необходимы 1-2 телескопа класса 0.75–1.0 м. Наиболее перспективным выглядит проведение фотометрического обзора сканирующим методом – именно такой метод использовался в обзоре SDSS и был предложен для эксперимента «Лира-Б».

В качестве инструментов для проведения этого обзора возможно использование двух 1-м телескопов, имеющихся в Алма-Атинской обсерватории. Можно также установить новый 0.75-м инструмент в КГО МГУ.

Е.Н. Канев, М.Е. Сачков, И.С. Саванов

Институт астрономии РАН, Москва

V1154 Cyg – цефеида с эффектом Блажко?

Цефеида V1154 Cyg ($P=4.93$ сут) исследована с использованием данных проекта Kepler. Обнаружено долгопериодическое изменение формы кривой блеска. Порядок изменения величины отношения амплитуд гармоник 0.265–0.275 для R_{21} , 0.065–0.071 для R_{31} . Данный эффект невозможно обнаружить при наземных наблюдениях. Он схож с эффектом Блажко у переменных типа RR Лир.

Статистический анализ ансамбля визуальных двойных звезд на основе данных наиболее полного списка визуальных двойных

Визуальные двойные звезды представляют собой наиболее представительный наблюдательный тип двойных, включающий в себя, как правило, наиболее широкие физические пары звезд. Создание наиболее полного списка визуальных двойных путем кросс-матчинга крупнейших каталогов Catalog of Components of Double & Multiple stars (CCDM); Tycho Double Star Catalogue (TDSC), The Washington Visual Double Star Catalog (WDS) (Isaeva, Kovaleva, Malkov, 2015, Baltic Astronomy, in press), содержащего свыше 130000 пар, позволило провести статистический анализ наблюдательных характеристик звезд этого типа (угловых расстояний между компонентами, блесков и разниц блеска компонентов). Исследовано влияние ряда эффектов наблюдательной селекции на свойства выборки. Учет этих эффектов и привлечение дополнительной информации, доступной для части звезд выборки (параллакс, спектральной классификации, собственных движений), позволяет получить для широких пар и их компонентов оценки распределений по физическим характеристикам, таким как массы компонентов, отношение масс компонентов, большие полуоси и периоды орбит, орбитальные моменты. Обсуждается переход от полученных распределений физических параметров широких двойных к начальным распределениям и к компонентам функции звездообразования двойных систем.

Б.П. Кондратьев^{1,2}, Е.Н.Киреева¹

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Потенциал неоднородного слабо сжатого сфероида со степенным распределением плотности

В конечном аналитическом виде получен внутренний потенциал неоднородного слабо сжатого сфероида с произвольным степенным распределением плотности. Результат выражен через гипергеометрическую функцию Гаусса.

Б.П. Кондратьев^{1,2}, Н.Г. Трубицына³, Е.Н.Киреева¹

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

³Удмуртский государственный университет, Ижевск

Найден новый класс фигур относительного равновесия вращающейся гравитирующей жидкости, которые находятся внутри гравитирующего

кольца или тора. Эти фигуры представлены семейством последовательностей обобщенных сфероидов. Для каждого значения приливного параметра из интервала $0 \leq \alpha \leq \alpha_{\max} = 0.1867$ существует своя последовательность сфероидов в интервале сплюснутостей $e_{\min}(\alpha) \leq e \leq e_{\max}(\alpha)$. При $\alpha=0$ серия сфероидов (Маклорена) начинается от сферы и заканчивается плоским диском. При $\alpha < \alpha_{\max}$ на каждой последовательности есть два сфероида (первый и последний), не имеющие вращения. При $\alpha = \alpha_{\max}$ последовательность вырождается в единственный сфероид, который не вращается и имеет эксцентриситет $e_{\text{cr}} = 0.9600029518$.

И.П.Костюк¹, О.К.Сильченко²

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Текущее звездообразование во внешних кольцах среди галактик ранних типов

Галактики с внешней кольцеобразной структурой (кольца или псевдокольца) и ранних морфологических типов (от S0 до Sb) отбирались из атласа ARRAKIS (Atlas of resonance rings as known in the S4G, A&A, 2014, 562, 121). Этот каталог, основанный на инфракрасных изображениях, описывает чисто звездные структуры, поскольку на длинах волн около 4 мкм мы видим основную массу старого звездного населения. Основное различие колец и псевдоколец заключается в наличии у первых замкнутой внешней детали и провала в яркости между кольцеобразной деталью и более внутренней частью галактики. Наша выборка была рассмотрена в архиве изображений (карты интенсивностей) ультрафиолетового космического телескопа GALEX (<http://galex.stsci.edu/GR6/>) в полосе ближнего ультрафиолета (NUV) 1770-2730Å, в котором светят относительно массивные звезды с возрастом до 200 млн. лет. Был составлен список из 118 галактик для исследования ультрафиолетовой морфологии внешних колец в дисковых галактиках ранних типов. Доли различных морфологических типов среди галактик с кольцами и псевдокольцами отличаются: морфологический тип S0 не встречается у галактик с псевдокольцами, тип S0 доминирует у галактик с кольцами, и доля морфологического типа Sab-Sb у галактик с кольцами в несколько раз меньше, чем у галактик с псевдокольцами. Если среднее значение УФ интенсивности в области кольцеобразной детали составляло два и больше значений окружающего фона неба, то галактика отмечалась нами как имеющая УФ излучение в своей внешней кольцеобразной детали (84 из 118). Наличие бара в галактике не влияет на то, насколько часто во внешнем кольце галактики встречается текущее звездообразование. Среди галактик как с кольцами, так и с псевдокольцами доля галактик с УФ излучением в кольце при переходе от S0 к Sb увеличивается; но даже в минимуме, для S0 галактик, она составляет 56%. Практически все спиральные галактики Sab-Sb имеют

УФ излучение в кольцеобразной детали. Из трех типов кольцеобразной структуры в УФ (неполная, клочковатая, заполненный диск) чаще встречается клочковатая структура среди всех морфологических типов, которая к тому же в 2 раза ярче, чем остальные типы. Полученные данные, на наш взгляд, подтверждают предположение, что значительная часть внешних кольцевых структур в дисках галактик ранних типов имеет своим происхождением аккрецию холодного газа извне.

В.А. Марсаков, В.В. Коваль, М.Л. Гожа, Л.В. Шпигель

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Особенности содержаний химических элементов в рассеянных звездных скоплениях Галактики

На основе авторского компилятивного каталога, содержащего для 90 рассеянных звездных скоплений Галактики спектроскопические определения содержаний 14 химических элементов, положения, возрасты, скорости и элементы галактических орбит, показано, что у молодых скоплений не только барий, но и три других исследованных элемента медленных нейтронных захватов (Y, La и Ce) обнаруживают за пределами ошибок более высокие относительные содержания, чем у звезд поля. Обнаружено также, что при высокой металличности ($[Fe/H] > -0.1$) у скоплений с высокими вытянутыми орбитами, удовлетворяющих критерию $(Z_{max}^2 + 4e^2)^{1/2} > 0.40$ (где Z_{max} – максимальное удаление точек орбиты от галактической плоскости в килопарсеках), относительные содержания г-элемента (европия) более низкие, а относительные содержания первичных α -элементов (кислорода и магния) более высокие, чем в среднем у гигантов поля. Одновременно при меньшей металличности у скоплений отношения $[Eu/Fe]$ при значительно большем разбросе в среднем такие же, а отношения $[O, Mg/Fe]$ более низкие, чем у звезд поля. Учитывая, что и α -элементы и г-элементы поступают в межзвездную среду при вспышках сверхновых второго типа и их выход зависит от массы предсверхновой, выявленные свойства естественно укладываются в предположение, что скопления с высокими вытянутыми орбитами разной металличности образуются в результате взаимодействия двух типов высокоскоростных облаков с межзвездной средой галактического диска. С одной стороны, это малометаллические высокоскоростные облака, образованные из «первичного» газа, а с другой – более металлические облака с промежуточными скоростями, образовавшиеся в процессе «галактического фонтана». Найдено также, что относительные содержания одновременно и первичных α -элементов и г-элемента у старых скоплений с высокими вытянутыми орбитами более низкие, чем у звезд поля, что свидетельствует о более низкой, чем вблизи галактической плоскости, скорости звездообразования в межзвездном веществе, из которого образовывались рассеянные скопления на ранних этапах формирования тонкого диска Галактики. При этом наличие

значимой положительной корреляции между отношениями [O,Mg/Eu] и возрастом у малометаллических рассеянных скоплений с высокими вытянутыми орбитами говорит о том, что массы сверхновых второго типа, обогативших вещество, из которого образовались высокоскоростные облака, спровоцировавших в свое время рождение этих скоплений, в раннем диске были больше.

А.И. Мартынова¹, В.В. Орлов^{2,3}

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

²Санкт-Петербургский государственный университет

³Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Динамика быстро распадающихся тройных систем

В общей задаче трех тел равных масс с нулевыми начальными скоростями выполнено численно-экспериментальное исследование распределения времени распада T на представительной выборке начальных условий. При малых временах $T < 20 \tau$ (τ – среднее время пересечения компонентом тройной системы) в распределении времени распада наблюдается серия локальных максимумов с интервалом между ними, равным приблизительно 1τ . Локальные пики соответствуют зонам распада после одного или нескольких тройных сближений. Представлены графики расположения этих зон в области начальных условий. Зоны образуют определенные семейства структур. Описаны особенности траекторий тел в пределах этих структур. Нередко структуры имеют слоистый характер. Каждый слой соответствует тройным системам, в которых при распаде уходит определенное тело. Слои перемежаются зонами, в которых распада за короткое время не происходит, а имеют место выбросы тел без ухода или простое взаимодействие. Показано, что множество различных семейств не более чем счетно. Предложена новая классификация траекторий в распадающихся тройных системах.

О.В. Марьева

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз

Исследование массивных звёзд в ассоциации Cyg OB2: спектроскопия и моделирование

Cyg OB2 – ближайшая к Солнцу область звездообразования. По недавним оценкам, она содержит 169 OB-звезд, в число которых входит одна из самых горячих звёзд в Галактике Cyg OB2 #7 (O3If) и одна из самых ярких – Cyg OB2 #12 (B3.5 Ia+). Мы исследуем эту ассоциацию с двух сторон: с одной стороны, с помощью численного моделирования определяем параметры наиболее ярких звёзд ассоциации, с другой – с помощью длиннощелевой спектроскопии исследуем наиболее слабые, сильно поглощенные звёзды. Результатам этих исследований и будет посвящен доклад.

В докладе будут представлены результаты спектрального мониторинга двух голубых гипергигантов HD168625 и HD168607, а также результаты спектральных исследований звёзд в ассоциации M17, в которую входят эти гипергиганты.

И.А. Маслов^{1,2}, А.М. Татарников², О.Г. Таранова², В.И. Шенаврин²

¹Институт космических исследований РАН, Москва

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

**Сравнение инфракрасных характеристик минимумов блеска
затменной переменной ϵ Возничего по наблюдениям 1980–2014 гг.**

Представлены данные фотометрических измерений долгопериодической затменной переменной ϵ Aig во время двух главных минимумов 1982 и 2010 гг. в спектральном диапазоне 1–5 мкм. Затменная система представляет собой сверхгигант класса F, вращающийся вокруг невидимого более массивного и горячего компонента, окруженного пылевым диском. Отмечается схожесть кривых блеска, их асимметричность и наличие поярчания в середине затмений. Кроме того, зафиксировано посинение цвета в момент начала затмения, которое мы связываем с рассеянием света на частицах пылевого диска.

А.С. Матвиенко

Санкт-Петербургский государственный университет
Динамика широких пар звёзд в поле Галактики

Численно исследованы движения компонентов широких двойных звезд окрестности Солнца в регулярном гравитационном поле Галактики на временах $\sim 10^{10}$ лет. Найдены области ограниченности движений компонентов в широких парах в зависимости от начальных условий: модуля относительной скорости компонентов, их взаимного расстояния и угла наклона вектора относительной скорости к плоскости Галактики. Размер основной части области ограниченных движений приблизительно равен приливному радиусу. При углах наклона, близких к 90° , происходят сильные изменения эксцентриситета орбиты двойной, которые могут приводить к тесным сближениям звезд с перицентрическим расстоянием меньше 1 а.е. В случае обратных движений (вращение двойной происходит в направлении, противоположном вращению Галактики) имеется область ограниченных движений, простирающаяся по крайней мере до 10 пк. Приведены примеры траекторий относительного движения звезд и изменения со временем оскулирующих элементов орбит для систем с ограниченными движениями.

Внешнее кольцо R_1R_2 в Галактике по данным о молодых рассеянных скоплениях и ОВ-ассоциациях

Внешние резонансные кольца наблюдаются у $\sim 30\%$ галактик с баром. Это эллиптические резонансные структуры, которые обычно расположены вблизи внешнего линдбладовского резонанса (OLR) бара. Существует два основных класса внешних колец: эллиптические кольца, вытянутые поперек бара (класс R_1), и кольца, вытянутые вдоль бара (класс R_2). Кроме того, существует смешанный тип R_1R_2 , который включает как кольцо R_1 , так и кольцо R_2 . Изображение галактик с внешними кольцами можно найти на сайте Р. Буты:

<http://bama.ua.edu/~rbuta/devatlas/imagetabade.html>

Наблюдения в инфракрасном диапазоне подтверждают присутствие бара в нашей Галактике. Оценки длины большой полуоси бара колеблются в пределах $a=3.5-4.5$ кпк. Получено много доказательств того, что угол между большой осью бара и линией, соединяющей Солнце и центр Галактики, заключен в пределах $\theta_b=15-45^\circ$, а ближайший к Солнцу конец бара находится в первом квадранте. Модель Галактики с двухкомпонентным внешним кольцом R_1R_2 может объяснить многие особенности кинематики и распределения молодых объектов в диске Галактике. Например, эта модель воспроизводит скорости молодых звезд в областях Персея и Стрельца, а также положение рукава Киля–Стрельца относительно бара.

Настоящий доклад посвящен анализу выборки молодых рассеянных скоплений из каталога Диаса и др. (2002). Мы сравниваем их распределение и скорости с моделью внешнего кольца R_1R_2 . Показано, что распределение молодых рассеянных скоплений в окрестности 3 кпк от Солнца имеет форму, напоминающую камертон: в области $l>180^\circ$ скопления концентрируются к одной области звездообразования, расположенной в созвездии Киля, тогда как в области $l<180^\circ$ они концентрируются к двум областям, расположенным в Персее и Стрельце. Модель внешнего кольца R_1R_2 предсказывает существование такой структуры вблизи точки слияния внешних колец. Оптимальное значение позиционного угла Солнца относительно бара, обеспечивающее наилучшее согласие между распределением рассеянных скоплений и моделью кольца R_1R_2 , составляет $\theta_b=43\pm 10^\circ$. Молодые рассеянные скопления и ОВ-ассоциации с радиальным компонентом остаточной скорости, направленным к центру Галактики ($V_R<0$), очерчивают фрагмент лидирующей спирали и демонстрируют уменьшение остаточной азимутальной скорости V_T с ростом координаты x , что указывает на положение Солнца вблизи нисходящего сегмента кольца R_2 .

Карликовая галактика NGC 4068: воздействие звездообразования на газовую среду

Представлены результаты изучения кинематики межзвездной среды в карликовой галактике NGC 4068. Данные о движении ионизованного газа получены на 6-м телескопе САО РАН. Данные о кинематике нейтрального водорода взяты из архива WSRT. Внешний газовый диск галактики демонстрирует следы недавнего приливного взаимодействия. Во внутренних его областях выделяются многочисленные оболочки, связанные с яркими комплексами звездообразования. Используя полученный нами материал, а также имеющиеся архивные изображения на разных длинах волн, полученные как с наземных, так и с космических телескопов, мы изучаем особенности воздействия отдельных областей звездообразования на межзвездную среду галактики.

И.И. Никифоров, А.В. Веселова

Санкт-Петербургский государственный университет

О возможности определения расстояния до центра Галактики по геометрии сегментов спиральных рукавов

Рассматривается задача определения геометрических параметров спирального рукава Галактики по его сегменту, причем в число параметров входит и расстояние до полюса спирали, то есть расстояние до центра Галактики (R_0). Численно-аналитический исследован вопрос о количестве точек сегмента определяющих логарифмическую спираль как геометрическую фигуру в предположении, что направление на полюс спирали (центр Галактики) известно. В целях апробации и тестирования нового подхода построен упрощенный метод решения задачи, состоящий в нахождении для каждого параметра медианы его значений по всем возможным тройкам объектов, принадлежащих одному сегменту спирального рукава. Применение метода к данным о пространственном распределении мазеров рукавов Персея и Щита (Reid et al., 2014) приводит к оценке $R_0 = 8.44 \pm 0.45$ кпк, хорошо согласующейся с результатом Reid et al. (2014), $R_0 = 8.34 \pm 0.16$ кпк, выведенным на основе данных о кинематике мазеров. По тем же объектам оценены параметры пяти сегментов спиральных рукавов.

Методом Монте-Карло изучено влияние различных факторов на статистические свойства оценки R_0 по сегментам рукавов. Полученные результаты свидетельствуют в пользу состоятельности такой оценки. Наибольшее смещение оценки получается при малых угловых размерах сегмента спирального рукава, малом количестве представляющих сегмент объектов и большом значении ошибки параллакса. На эффективность оценки наибольшее влияние оказывает угловой размер сегмента;

остальные параметры, кроме угла закрутки, оказывают одинаково существенное, но меньшее влияние. Полученные результаты говорят в пользу работоспособности нового подхода даже при использовании для оценивания R_0 L-статистики. Это делает осмысленной разработку более сложным методов на основе M-статистик, способных дать более реалистичные и эффективные оценки в случае корректного учета неопределенности расстояний и поперечной протяженности спирального рукава.

С.Н. Нуритдинов, И.У. Таджибаев

Кафедра астрономии, Национальный университет Узбекистана, Ташкент
Новые эмпирические зависимости для систем шаровых скоплений

Современные наблюдательные данные показывают, что почти все типы галактик камертона Хаббла содержат в себе в различной степени выраженные системы шаровых скоплений звезд (СШСЗ). Первый список СШСЗ, содержащий 60 систем, был опубликован в 1991 году У. Харрисом. Позже список был доведен до 252 систем. За последние годы внимание к СШСЗ резко возросло. Следует отметить кропотливую работу Харриса и его коллег по сбору данных. В этом направлении самое большое количество работ посвящено фотометрической обработке изображений отдельных СШСЗ и нахождению соответствующих значений наблюдательных характеристик этих систем и их родительских галактик.

До сих пор отсутствует анализ имеющихся весьма обширных данных наблюдений, не найдены достоверные эмпирические зависимости между основными физическими параметрами, не разработана классификация СШСЗ, отсутствуют попытки определения некоторых кинематических и динамических параметров этих систем и др. Кроме того, из-за недостаточности для статистической обработки данных по СШСЗ спиральных, неправильных и карликовых галактик, такая работа до сих пор не выполнена никем. Вот почему мы расширили наш прежний сводный каталог и недавно опубликовали его в виде обновленного второго сводного каталога (S.N. Nuritdinov, I.U. Tadjibaev, J.M. Ganiev, 2014), включающего в себя имеющиеся данные по 441 СШСЗ, полученные в мировом масштабе по 2013 год включительно.

В данной работе на основе статистического анализа этого каталога нами получены следующие результаты:

- впервые составлены списки 85 карликовых, 61 спиральных, 23 неправильных, 118 линзовидных и 154 нормальных эллиптических галактик, содержащих СШСЗ;
- построены необходимые гистограммы основных физических параметров СШСЗ;
- найден ряд новых эмпирических зависимостей между основными физическими параметрами СШСЗ и их родительских галактик.

Критически обсуждаются предположения, лежащие в основе различных теорий, предлагавшихся для объяснения стохастизации в звездных системах, а именно, классической теории релаксации Джинса–Чандрасекара, теорий бесстолкновительной релаксации, теорий ББККИ в применении к гравитирующим системам, теории Крылова с последующим временным или ансамблевым усреднением и др.

*А.С. Рассторгуев¹, М.В. Заболотских¹, А.К. Дамбис¹, В.В. Бобылев²,
А.Т. Байкова²*

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Галактические мазеры: кинематика и спиральный узор

По выборке, включающей более 120 галактических мазеров, расстояния до которых, собственные движения и лучевые скорости определены методами РСДБ, построена кривая вращения галактического тонкого диска в интервале расстояний от 2 до 15 кпк. В предположении граничной устойчивости диска, удовлетворяющего критерию устойчивости Тумре, определен ход радиальной дисперсии скоростей с галактоцентрическим расстоянием, экспоненциальная шкала диска оценена в $H_d \approx 3.5 \pm 0.5$ кпк. Определено расстояние до центра Галактики $R_0 \approx 8.2 \pm 0.3$ кпк. Методом статистических параллаксов показано, что шкалу расстояний мазеров следует удлинить на 4%, что полностью согласуется с рассчитанной поправкой Лютца–Келькера. В предположении существования в Галактике четырехрукавного спирального узора по возмущениям поля пространственных скоростей определен угол его закрутки ($i \approx -11.3^\circ \pm 0.2^\circ$), найдены амплитуды радиального и тангенциального возмущений ($f_R \approx -7.1 \pm 1.3$ км/с, $f_T \approx 1.5 \pm 1.2$ км/с) и фазовый угол Солнца ($\chi_0 \approx 131^\circ \pm 11.5^\circ$). Скорость вращения диска на солнечном расстоянии оценивается в 231 ± 15 км/с. Найденные на основе анализа кинематики параметры спирального узора хорошо согласуются с пространственным распределением мазеров, обрисовывающим Внешний и Внутренний рукава, а также рукава Персея и Стрельца.

Слепой поиск радио-тихих и радио-шумных гамма-пульсаров по данным Fermi LAT

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 N-тест статистикой. Слепым поиском был получен каталог из 25 гамма-пульсаров, из которых 16 радио-тихих и 9 радио-шумных. Каталог позволяет напрямую вычислить долю радио-тихих пульсаров, которая составляет $64\% \pm 10\%$. 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 также 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. Результаты указывают на то, что радио-тихие и радио-шумные пульсары принадлежат одной и той же популяции.

И.У. Таджибаев

Национальный университет Узбекистана, Ташкент О системе шаровых скоплений нашей Галактики

Шаровые скопления относятся к наиболее старому населению Галактики, и их исследование занимает одно из центральных мест современной звездной астрономии. Это связано с тем, что они играют большую роль в понимании динамики и эволюции нашей Галактики, так как несут в себе информацию о самых начальных стадиях ее эволюции.

Систему шаровых скоплений нашей Галактики исследовали Морган (1959), Кукаркин (1974). Они изучали общую структуру и распределение шаровых скоплений в Галактике. В каталоге Кукаркина приведены уточненные данные о расстояниях, светимостях, химическом составе и других характеристиках 129 шаровых скоплений. В ряде работ

исследована динамика системы шаровых скоплений нашей Галактики. В 1996 году опубликован каталог Харриса (W. Harris), содержащий 147 шаровых скоплений, а в 1999 и 2010 годах этот каталог был обновлен, а количество объектов доведено до 157 шаровых скоплений.

Наблюдательные данные последних лет зачастую заставляют пересматривать прежние представления о происхождении и эволюции шаровых скоплений. Считалось, что система шаровых скоплений нашей Галактики представляет собой однородную группу и является основной компонентой сферической составляющей нашей Галактики. Следует отметить, что отдельные авторы (например, А.М. Эйгенсон, 1995) ставят под сомнение утверждение о бимодальности распределения металличности, объясняя это неправильным выбором интервалов металличности. Все эти сведения и появившееся в последнее время большое количество наблюдательных данных позволяют провести подробный статистический анализ современных результатов наблюдений шаровых скоплений. Нами проведен статистический анализ обновленного каталога Харриса, содержащего 157 объектов, с учетом последних новых данных. Учет новых данных вновь показал, что система шаровых скоплений нашей Галактики подразделяется на две группы. Получены пространственные распределения двух групп в проекциях на различные плоскости. Найдено, что эти две группы различаются по форме и объему. Система имеет центральную концентрацию, примерно половина шаровых скоплений находится в радиусе 7 кпк вокруг галактического центра. Большинство скоплений имеет примерно сферическое распределение и находится в гало, к тому же они бедны металлами. Но есть и наиболее удаленные ШСЗ, которые находятся на расстояниях около 100 кпк от центра Галактики. Проведен анализ связей некоторых параметров шаровых скоплений с учетом содержания в них тяжелых элементов. В этом анализе также выявлены скачкообразные изменения физических параметров шаровых скоплений.

Ю.М. Торгашин

Институт Астрономии РАН, Москва

Московский Физико-Технический Институт (Гос. университет)

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

**Свойства крупномасштабных гидродинамических мод
в газовых дисках плоских галактик с двугорбой кривой вращения**

Дается краткий обзор работ по исследованию крупномасштабных неустойчивых гидродинамических (ГД) мод колебаний в газовых дисках плоских галактик. Приводятся и анализируются результаты численного исследования развития глобальных ГД мод, которые могут развиваться в газовых дисках галактик, кривая вращения которых проявляет скачок скорости во внутренней области диска (здесь для краткости кривые вращения такого типа называем «двугорбыми»).

Изучены основные свойства глобальных ГД мод в линейной модели без учета самогравитации – инкременты нарастания амплитуды, фазовые угловые скорости вращения спирального узора, форма развивающихся возмущений, – в зависимости от параметров скачка скорости вращения и температуры (дисперсии скоростей) в газовом диске.

На основе проведенного численного 2D моделирования анализируется нелинейная стадия эволюции неустойчивых ГД мод. Показано, что их возбуждение и развитие приводит, наряду с формированием глобальных спирально-вихревых структур, к радиальному перераспределению газа в диске. Это, в частности, способно частично объяснить приток газа к центральным областям диска. Последнее, как известно, необходимо для поддержания звездообразования в этих областях спиральных галактик.

Н.Д. Уткин

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Орбиты быстролетающих звезд: HE 1116–0054

Создается база данных по фотометрии и кинематике звезд с экстремально низкой металличностью ($[Fe/H] < -3.0$), на данный момент включающая более 100 объектов. Для всех звезд по данным *BV* и *JHKs* (2MASS) фотометрии и по теоретическим изохронам, рассчитанным для возрастов более 10 млрд. лет группой Y2 (Yonsei–Yale), определены их гелиоцентрические расстояния. Для вычисления галактоцентрических пространственных скоростей звезд использованы опубликованные лучевые скорости и собственные движения, взятые из больших каталогов UCAC4, NPM4, URAT1. Форма галактических орбит звезд определялась в рамках трехкомпонентной модели Галактики, в которой локальная скорость ухода близка к 550 км/с (по данным RAVE). Звезда HE1116–0054, находящаяся на гелиоцентрическом расстоянии около 4.5 кпк, имеет металличность $[Fe/H] = -3.48$, а ее лучевая скорость составляет 148.3 ± 0.8 км/с; звезда обладает очень большим собственным движением (40 ± 7 мс/год по UCAC4 и 46 ± 7 мс/год по URAT1). По предварительным данным, полная пространственная скорость HE1116–0054 составляет около 750 ± 100 км/с, и в современную эпоху ее скорость направлена от периферии к центральным областям Галактики. Если высокие значения тангенциальной скорости звезды не обусловлены значительной недооценкой ошибок ее собственного движения, возможно, звезда образовалась на далекой периферии Галактики или даже она была связана с другими галактиками Местной Группы.

Поиск и исследование звезд типа RR Лиры с двойной периодичностью

В течение нескольких лет был проведен поиск переменных звезд типа RR Лиры с двойной и множественной периодичностью по данным фотометрических обзоров ASAS-3, ROTSE-I, SuperWASP и Catalina surveys, доступным по сети Интернет. Было найдено 112 переменных типа RR(B), пульсирующих радиально, отношения периодов которых находятся в хорошем согласии с теоретическими моделями пульсаций в основной моде и первом оберitone. Также было найдено несколько RRC-звезд, у которых на радиальную моду (первый оберитон) накладываются одна или две нерадиальные моды.

В докладе представлены новые результаты поиска двойной периодичности у звезд типа RR Лиры: как новые RR(B)-переменные, радиально пульсирующие в основной моде и первом оберитоне, так и RRC-звезды с нерадиальными пульсациями. Новые данные вносят заметный вклад в статистику звезд RR Лиры с двойной периодичностью.

О.В. Чумак, А.С. Расторгуев

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Фрактальные звездные структуры и случайные силы, действующие на пробную звезду

В докладе представлены результаты расчета закона распределения случайной силы в среде с фрактальной звездной плотностью. Получено обобщение закона ближайшего соседа для такого пространственного распределения с произвольным значением Хаусдорфовой размерности. Далее найдено распределение флуктуирующей случайной силы для фрактальной среды в приближении ближайшего соседа, из которого, при переходе к пуассоновскому пределу, как частный случай, следует известный результат Чандрасекара. Найдено выражение для эффективного межчастичного расстояния в фрактальной среде, которое в пуассоновском пределе также дает известное выражение, полученное Чандрасекаром.

Полученный нами в *приближении ближайшего соседа* закон распределения случайной силы во фрактальной среде был сопоставлен с *точным решением*, полученным в работе Влад (1994). Автор этой работы (используя *n*-точечные корреляционные функции) проделал *сложную аналитическую работу* и обобщил распределение Хольцмарка. Сопоставление показало полную идентичность, с точностью до обозначений, нашего выражения, и точного выражения, представленного в работе Влад (1994). Из данного результата был сделан вывод, что закон распределения случайной силы во фрактальной среде полностью

определяется ближайшими соседями, находящимися на некотором *эффективном* расстоянии, выражение для которого представлено.

О.В. Чумак, А.С. Расторгуев

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Движение пробной звезды во фрактальной звездной среде

В докладе представлены некоторые результаты изучения процесса диффузии в пространстве скоростей звезд пробного ансамбля во фрактальной звездной среде. Диффузионные процессы рассматривались в приближении средней масштабно зависимой условной плотности и изучались с помощью анализа решений соответствующего уравнения Ланжевена с учетом обобщенного закона распределения ближайшего соседа и обобщенного закона распределения случайной силы, полученных в предыдущей работе авторов.

Показано, что кинетические параметры (характерные времена, коэффициенты динамического трения, диффузии и др.) фрактальной звездной среды могут значительно отличаться от соответствующих параметров квазиоднородной случайной среды с ограниченными флуктуациями, как в качественном, так и в количественном плане. Важнейшими отличиями являются зависимость кинетических параметров от пространственного масштаба и от значения фрактальной размерности изучаемой среды. Получено обобщенное кинетическое уравнение для звездной среды (основное уравнение звездной динамики) в приближении Фоккера-Планка с учетом фрактальных свойств пространственного распределения звездной плотности. Записаны также его предельные формы обобщенного уравнения, которыми можно пользоваться в случае небольших отклонений фрактальной гравитирующей среды от равновесного состояния. Сделаны оценки кинетических параметров для околосолнечной окрестности на основе данных обзора Женева–Копенгаген.

К.С. Широкова

Санкт-Петербургский государственный университет
Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН
Моделирование движения звезд, вылетающих из центра Галактики

Происхождение недавно открытых и пока мало исследованных сверхскоростных (hypervelocity) звезд на сегодняшний день остается неизвестным. Самым правдоподобным объяснением является предложенный в 1988 году механизм взаимодействия тесной двойной системы со сверхмассивной черной дырой, в результате которого один из компонентов двойной может вылететь со скоростью до нескольких тысяч км/с. В работе производится оценка работоспособности этого механизма, определяется вероятность образования сверхскоростных звезд.

Для моделирования движения звезда помещается на расстояние 1 пк от сверхмассивной черной дыры в центре Галактики. Угол наклона вектора начальной скорости над галактической плоскостью определяется случайным образом, модуль начальной скорости звезды соответствует значениям, полученным Г.Н. Дремовой, В.В. Дремовым и А.В. Тутуковым в результате моделирования взаимодействия двойной системы с черной дырой. Гравитационное поле Галактики представлено моделью Феллхауэра с усовершенствованиями в виде добавления точечного потенциала центральной черной дыры, потенциала бара как трехосного эллипсоида с равномерно распределенной массой.

Для нескольких случаев начальной тесноты двойной системы было рассмотрено по 1000 вариантов начальных скоростей звезды. В результате были оценены вероятности образования сверхскоростного объекта, определены максимальные скорости для каждой выборки, построен ряд зависимостей характеристик орбит от начальной скорости.

Секция «Солнце»

И.А. Биленко

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Радиовсплески II типа в 23 и 24 циклах солнечной активности

Считается, что радиовсплески II типа являются индикаторами магнитогидродинамических ударных волн, распространяющихся в солнечной короне со скоростями выше альфеновской скорости. Согласно современным представлениям, радиовсплески II типа генерируются ударными волнами, возбуждающими ленгмюровские волны, которые трансформируются в радиоволны на локальной плазменной частоте и/или ее гармониках. Физические механизмы, лежащие в основе генерации ударных волн, до настоящего времени остаются до конца не выясненными. Основными рассматриваемыми механизмами являются: взрывные ударные волны, связанные со вспышками и поршневые ударные волны, связанные с корональными выбросами массы. Выяснение природы радиовсплесков II типа, изучение закономерностей их формирования и распространения является исключительно важной задачей ввиду роли ударных волн в эруптивных процессах в атмосфере Солнца и, следовательно, их влияния на формирование космической погоды на орбите Земли.

Согласно проведенному исследованию, хотя число наблюдаемых радиовсплесков II типа больше на фазах роста и максимумов 23, 24 циклов солнечной активности и начала спада 23 цикла, чем в период минимумов 23 и 24 циклов, ни их число, ни значения их параметров не выявляют изменений, характерных для цикличности солнечной активности, фиксируемой по активным областям (числам Вольфа). Наблюдаемая динамика изменения их числа и параметров в 23 и 24

циклах солнечной активности больше соответствует эволюционным изменениям глобального магнитного поля Солнца. Увеличение числа радиовсплесков II типа соответствует периодам доминирования секторных структур глобального магнитного поля. Частота событий радиовсплесков II типа изменяется довольно хаотично, но большинство радиовсплесков II типа имеют тенденцию происходить в периоды между реорганизациями структуры глобального магнитного поля, то есть, в периоды квазистабильного состояния структуры глобального магнитного поля. Это особенно четко проявляется в период спада солнечной активности с 2003 по 2009 годы и на фазах роста в 1997–1999 и в 2010–2011 годах.

Получены зависимости частоты и параметров радиовсплесков II типа от параметров сопутствующих вспышек и корональных выбросов массы в 23 и 24 циклах.

Рассмотрено влияние закрытых и открытых конфигураций магнитного поля на частоту и параметры радиовсплесков II типа. Проведен сравнительный анализ различных моделей формирования радиовсплесков II типа.

Т.Е. Вальчук

Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН,
Троицк, Москва

Гелиофизические источники магнитосферных бурь 24 цикла

Воздействие Солнца на магнитосферу Земли проявляется наиболее характерным образом в протекании магнитосферных бурь, регистрируемых сетью магнитных обсерваторий на поверхности Земли. По данным геомагнитной обсерватории «Москва» в ИЗМИРАН проведено рассмотрение магнитных бурь (МБ) текущего 11-летнего цикла солнечной активности (СА) с начала проявления спорадических возмущений на ветви роста 24 цикла СА. Временной интервал охватывает годы с 2010 по 2014, каждая МБ описана в составленном автором препринте-каталоге ИЗМИРАН «Магнитосферная возмущенность 2010–2014 гг. по данным обсерватории «Москва», описание и статистика типов магнитных бурь». В настоящей работе предложена классификация МБ, проистекающая из качественного различия гелиофизических источников МБ, генерируемых различными проявлениями СА. Нами предложено разделение всех МБ с 2010 г. до настоящего времени на 4 типа в зависимости от источников СА, обеспечивающих поступление энергии, реализованной в каждой конкретной МБ. На материале 151 МБ выявлено преимущественное влияние различных типов СА за 5 лет протекания 24 цикла СА.

В настоящее время все существующие индексы солнечной активности характеризуют только локальные магнитные поля. Имеющаяся информация о системе крупномасштабных полей на Солнце с 1915 года предоставляет возможность исследовать структуры и эволюцию глобальных полей за 9 последних циклов солнечной активности. Эта информация представляет собой данные о положении нейтральных линий радиальной компоненты крупномасштабного магнитного поля Солнца. Данные получены на основании крупномасштабной $H\alpha$ -структуры хромосферы и представляется в виде $H\alpha$ -синоптических карт. Известно, что хромосферные $H\alpha$ -структуры очень хорошо показывают распределение нейтральных линий крупномасштабного поля.

В данной работе излагается результаты попытки создания нового индекса, характеризующего собой долю площади, занимаемой на Солнце глобальными полями за период 1915–2000 гг. В момент прохождения центрального меридиана на заданный день в интервале 1915–2000 гг. вычисляется дефицит площади, занятой крупномасштабными полями одной полярности в окрестностях $\pm 60^\circ$ по широте относительно экватора и $\pm 60^\circ$ по долготе относительно центрального меридиана. Отметим, что именно эта область на практике наблюдается магнитографическими приборами. Для каждого календарного дня вычисляется величина $B(t)$, характеризующая знак полярности глобального поля солнца:

$$B(t) = \sum_{\varphi} \sum_{\lambda} \text{sign } H(\varphi, \lambda, t),$$

где $H(\varphi, \lambda, t)$ – напряженность магнитного поля.

Определяя среднеквадратическое значение величины $B(t)$ для каждого Кэррингтонского оборота по формуле

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^N B(t)_i}{N},$$

где N – число дней в данном обороте ($N = 27$ или 28), мы получаем индекс Q , характеризующий крупномасштабные магнитные поля Солнца за 1915–2000 гг., для 15–23 циклов солнечной активности.

Шкала времени, которую охватывает Q , позволяет сопоставлять значения этого индекса с другими индексами, характеризующими активность Солнца, межпланетные магнитные поля и др.

Модель толстой мишени с обратным током и современные наблюдения солнечных вспышек

Согласно современным представлениям, энергия солнечной вспышки накапливается в виде магнитных полей в короне и выделяется в пересоединяющем высокотемпературном токовом слое. Электроны и протоны, ускоренные в токовом слое до энергий, намного превышающих тепловые энергии частиц в короне и хромосфере, порождают всплески излучения в жестком рентгеновском диапазоне. Как правило, источники этого излучения находятся в основаниях магнитных трубок и в совокупности образуют вспышечные ленты, которые доступны для космических и наземных наблюдений. Многие вспышки одновременно наблюдаются и в других диапазонах электромагнитного спектра (мягкое рентгеновское, оптическое и микроволновое излучение).

С целью объяснить результаты современных наблюдений солнечных вспышек предложена аккуратная аналитическая модель источника жесткого рентгеновского излучения вспышки в виде «толстой мишени» с обратным током. Ее принципиальной особенностью, в отличие от одномерной классической модели толстой мишени, является двумерность в пространстве скоростей. В настоящей работе приведен расчет характеристик тормозного жесткого рентгеновского излучения, а также микроволнового гирсинхротронного излучения, солнечных вспышек.

Особое внимание уделено белым вспышкам 24.02.2011, 19.07.2012 и 13.05.2013, источники оптического и рентгеновского излучения которых расположены аномально низко над фотосферой. Полученные оценки плотности потока энергии, переносимой ускоренными в этих вспышках электронами, превосходят на порядок значения, предсказываемые в классической модели толстой мишени. Для столь больших потоков ускоренных частиц современные кинетические модели, описывающие процесс распространения электронов в солнечных вспышках, должны учитывать эффект обратного тока.

Р.А. Гуляев

Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН,
Троицк, Москва

Солнечный ветер в эпоху Маундеровского минимума

В 1976 г. Джон Эдди (J.A. Eddy), изучив отчеты о наблюдениях полных солнечных затмений, содержащиеся в старых журналах и архивах обсерваторий, пришел к выводу, что в период Маундеровского минимума (1645–1715 гг.) солнечной короны фактически не было. В таком случае возникает вопрос: а был ли тогда солнечный ветер? С целью поиска признаков существования солнечного ветра в эпоху Маундеровского минимума предпринят анализ описаний и зарисовок комет,

наблюдавшихся в этот период. Достаточным условием присутствия солнечного ветра может служить наличие у комет прямых плазменных хвостов типа I (по классификации Ф.А. Бредихина). За 70 лет Маундеровского минимума наблюдалось более 20 комет. Среди них были большие и яркие кометы, например, кометы 1664 г., 1680 г., 1682 г. (комета Галлея) и др. По крайней мере у некоторых из них хвосты типа I определенно были. Это дает основание констатировать существование солнечного ветра в рассматриваемую эпоху.

Ю.В. Думин^{1,2}, Б.В. Сомов¹

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²Институт космических исследований РАН, Москва

Топологическое инициирование быстрого магнитного пересоединения

Ключевой проблемой при применении теории магнитного пересоединения к задачам физики космической плазмы является поиск механизмов для достаточно быстрого развития этого процесса в пространстве. С этой целью, как правило, привлекаются те или иные микрофизические явления, такие как плазменные неустойчивости, турбулентный перенос и т.п.

Принципиально иная возможность для достижения той же цели может быть основана на быстром макроскопическом движении нулевых (нейтральных) точек магнитного поля, выступающих в качестве «катализаторов» пересоединения. Эта идея, под названием «топологического триггера», была высказана еще в конце 1980-х годов, когда В.С. Горбачев и др. (1988), используя приближение потенциального магнитного поля для атмосферы Солнца, показали, что при соответствующем расположении эффективных магнитных источников возможно зарождение новых нулевых точек и их быстрое перемещение на значительные расстояния над фотосферой, когда вышеупомянутые источники поля испытывают лишь очень незначительную эволюцию. Тем самым, может быть обеспечено быстрое развитие процесса магнитного пересоединения в большом объеме пространства. Впоследствии неоднократно предпринимались попытки применить эту концепцию для объяснения возникновения больших солнечных вспышек (B.V. Somov, 2013). Тем не менее, вплоть до настоящего времени оставалась не до конца ясной пространственно-временная картина перестройки магнитного поля при «топологическом триггере», что связано с сильно сингулярной структурой силовых линий магнитного поля в окрестности нулевых точек, трудно поддающейся численному расчету.

В докладе будут представлены результаты, полученные с использованием специально разработанной методики численного моделирования, которая дала нам возможность детально проследить эволюцию глобального магнитного поля при «топологическом триггере» и количественно рассчитать его основные параметры. В качестве

иллюстрации мы продемонстрируем также некоторые примеры очень быстро развивающихся микровспышек в хромосфере Солнца, наблюдавшихся на спутнике *Hinode*, основные черты которых позволяют предположить, что они связаны именно с механизмом «топологического триггера».

О.В. Дунин-Барковская, Б.В. Сомов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
**Течения плазмы и баланс энергии в переходном слое между короной
и хромосферой Солнца**

Для различных скоростей потока плазмы, задаваемых на нижней границе переходного слоя, получены зависимости плотности, давления и скорости течения плазмы вдоль магнитной трубки, один конец которой опущен в хромосферу, а другой находится в короне, в случаях вертикального и горизонтального расположения магнитной трубки. Найдено стационарное распределение температуры вдоль магнитной трубки. В каждой точке распределения имеет место баланс между нагревом классическим тепловым потоком, потерями энергии на излучение оптически прозрачной плазмы и переносом энергии, связанным с потоком плазмы. Нагрев хромосферы осуществляется потоками энергии из конвективной зоны. Определены диапазон скоростей плазмы на нижней границе переходного слоя, для которого распределения концентрации и давления плазмы в переходном слое не будут «чувствовать» наличие потока плазмы, и диапазон скоростей плазмы на нижней границе переходного слоя, для которого возможно возбуждение ударных волн в переходном слое, в случаях наличия и отсутствия гравитации. Показано, что добавление гравитации увеличивает градиенты всех величин вдоль трубки и вносит асимметрию: для скоростей, направленных вниз и вверх, зависимости скорости от температуры получаются различными. Диапазон скоростей плазмы, для которого в переходном слое не будет ударных волн, в случае наличия гравитации получается уже, чем в случае ее отсутствия, и, в отличие от случая $g=0$, соответствующий диапазон оказывается сдвинутым относительно 0 в сторону скоростей, направленных в корону.

С.И. Ибадов^{1,2}, Ф.С. Ибодов¹, С.С. Григорян³

¹Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

²Институт астрофизики АН Таджикистана

³Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова

Солнечные вспышки импактной природы

Показана возможность солнечных вспышек при столкновениях солнцезарапающих комет с Солнцем. Импактный механизм способен привести к супервспышкам, энергетика которых больше энергетика

больших солнечных вспышек, вызванных пересоединением магнитных силовых линий вблизи солнечных пятен. Отмечены также некоторые подобию импактного механизма вспышек с магнитным пересоединением.

Е.В. Иванов

Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН,
Троицк, Москва

Существует ли предел энергии корональных выбросов массы на Солнце?

Исследована связь изменений максимальной скорости корональных выбросов массы (КВМ) на Солнце с изменениями характерных размеров элементов крупномасштабной структуры магнитного поля Солнца (КСМПС) в течение 1979–1989 и 1996–2014 гг.. Предполагается, что максимальная скорость и соответственно энергия КВМ определяется характерными размерами корональной арочной структуры, связывающей между собой отдельные активные области комплекса активных областей, размеры которого определяются характерными размерами КСМПС. Поскольку наиболее интенсивные активные области концентрируются на границах структурных ячеек КСМПС, с уменьшением характерных размеров этих ячеек на фазе роста солнечного цикла возникают всё более благоприятные условия для возникновения всё более сложных комплексов активности, в арочных структурах которых и запасается энергия, высвобождаемая в виде КВМ. Вблизи максимума активности и в начале фазы спада размеры комплексов активности и соответственно арочных структур, связывающих отдельные активные области соответствующего комплекса, и определяют возможную максимальную энергию КВМ. Далее на фазе спада солнечного цикла, по мере роста характерных размеров ячеек КСМПС, условия для возникновения достаточно больших комплексов активности вновь нарушаются, что приводит к постепенному уменьшению их размеров и соответственно максимальных скоростей КВМ. В конце фазы спада комплексы практически уже не возникают и КВМ возникают лишь в отдельных активных областях, что приводит к некоторому увеличению числа КВМ с соответствующим уменьшением их максимальной скорости.

В.Н. Ишков

Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН,
Троицк, Москва

Статистическое исследование свойств солнечных циклов достоверного ряда относительных чисел солнечных пятен

Основным результатом исследования достоверного ряда (1849–2015) относительных чисел солнечных пятен является выявленный сценарий устойчивого развития солнечной цикличности в последние ~190 лет. Данный сценарий предусматривает регулярную смену уровня солнечной

пятнообразовательной деятельности при переходе от эпох «повышенной» солнечной активности (СА) к эпохам «пониженной» и наоборот, – от «пониженной» к «повышенной», с чётко выделяемыми переходными солнечными циклами (СЦ). Этот сценарий требует от моделей пятнообразовательной активности двух различных режимов генерации солнечного магнитного поля, длительностью ~5 СЦ. Первый режим «пониженной» генерации приводит к образованию последовательности низких и средних СЦ, тогда как второй режим «повышенной» генерации способствует появлению последовательности высоких и средних СЦ.

Основные выводы доклада:

– статистики достоверных циклов (9–24) уже достаточно, чтобы делать первые выводы о тонкой структуре солнечной цикличности, а «сюрпризы» 2 последних (22 и 23) СЦ позволяют начать обсуждение свойств и характеристик переходных периодов;

– солнечная цикличность состоит из эпох «пониженной» и «повышенной» СА примерно по 5 СЦ, разделённые периодом 1–1.5 СЦ, когда происходит перестройка режима генерации магнитных полей в пятнообразовательной области конвективной зоны Солнца к соответствующей эпохе;

– эпохи «пониженной» СА (12 – 16 СЦ и 24 – четыре последующие) характеризуются большей долей небольших спокойных групп пятен и, соответственно, пониженной вспышечной активностью; в низких циклах значительно уменьшается количество мощных солнечных вспышечных событий и, как следствие, ведёт к небольшому количеству больших магнитных бурь, зато резко увеличивается число и длительность относительно спокойных геомагнитных периодов;

– в эпохи «повышенной» СА (<8 – 10 и 18 – 22 СЦ) значительно увеличивается количество магнитных потоков с быстрой эволюцией, что ведёт к появлению больших вспышечно-активных групп пятен; наблюдается полный набор мощных событий на Солнце и в околоземном космическом пространстве;

– внутри эпох наблюдательные правила развития циклов и их чередования должны строго работать;

– в переходные периоды (10–11, 16–17–18 и 22–23 СЦ) могут возникать отклонения от наблюдательных правил, резко увеличивается число гигантских групп пятен и осуществляются, по-видимому, самые экстремальные вспышечные события (27.08–2.09 1859 г. – 10 СЦ; 1 – 15.06 1991 г. – 22 СЦ; 28.10– 4.11.2003 – 23 СЦ);

– развитие текущего 24 солнечного цикла подтверждает такой сценарий СА. Цикл стал низким по величине, с резко уменьшенным уровнем вспышечной активности и, соответственно, ослабленным влиянием на околоземное космическое пространство. Он знаменует собой наступление второй достоверной эпохи «пониженной» СА со всеми вытекающими отсюда последствиями: последующие 5 циклов СА должны быть солнечными циклами низкой и средней величины, а следующий 25 СЦ, согласно правилу Гневьшева–Оля, должен быть выше текущего, СЦ средней величины ($I^* \sim 110 \pm 20$).

**Гигантские группы солнечных пятен:
распределение, структура, гелиогеофизические проявления**

В свете обсуждения максимальных гелиогеофизических проявлений солнечной активности (СА) представляет интерес исследовать гигантские (>2300 мдп) группы солнечных пятен. Такие группы пятен по эволюционным и вспышечным характеристикам и по их влиянию на околоземное космическое пространство можно разделить на:

– группы пятен – комплексы активных областей (АО), компоненты которых появляются в непосредственной близости друг от друга (VIII–IX 1859 г., III 1989 г., X–XI 2003 г.). АО марта 1989 г. дала возможность проследить последовательные всплывания новых всплывающих магнитных потоков (групп пятен) большой мощности и их вспышечную эволюцию. Магнитная конфигурация таких АО существенно открытая и способствует осуществлению в ОКП экстремальных и больших геомагнитных (G5, G4) возмущений и солнечных протонных событий (S4, S3);

– вспышечно-продуктивные, в слабой мере геоэффективные с закрытой магнитной конфигурацией и значимым количеством больших вспышечных событий (III–IV 1947 г., X 2015), которые не вызывают в околоземном космическом пространстве значимых геофизических возмущений, кроме электромагнитного удара – возмущений класса (R). Обычно это группы пятен с крупномасштабной (в размерах АО) биполярной конфигурацией, значимые новые магнитные потоки в которых всплывают в средней части группы пятен. Воздействие больших солнечных вспышек обычно не может раскрыть общую закрытую конфигурацию магнитных полей АО, отсюда отсутствие значимых корональных выбросов вещества и, соответственно, значимых воздействий на околоземное космическое пространство;

– относительно спокойные биполярные группы пятен, эволюция которых проходит без значимых появлений новых магнитных потоков и, поэтому, вспышечная активность в них на низком и среднем уровне.

Основная доля гигантских групп пятен приходится на переходные периоды между эпохами «пониженной» и «повышенной» солнечной активности – СЦ 17–18, 22 – 23.

Текущий 24 цикл солнечной активности: 77 месяцев развития

В настоящий момент в рамках уже реализованной истории достоверных циклов солнечной активности (СА) становится понятно, что, начиная с

максимума 22 и по конец 23 солнечного цикла (СЦ) условия генерации магнитных полей на Солнце значительно изменились и дали начало новому периоду «пониженной» СА – эпохе циклов низкой и средней величины. Начавшийся в 2009 г. текущий 24 цикл СА только к апрелю 2014 г. достиг максимума ($W^*_{\text{макс}} = 82$) и развивается как цикл низкой высоты. Текущий цикл – первый компонент физического 22-летнего СЦ, и по правилу Гневывшева–Оля, которое несомненно работает внутри эпох, следующий 25 СЦ должен быть выше, циклом средней величины. Основные характеристики 24 цикла СА следующие:

- начало I 2009 г. с $W^*_{\text{мин}} = 1.7$;
- первая группа текущего цикла появилась в северном полушарии в I 2009 г., а в южном полушарии только в V 2009;
- начало фазы роста – IV 2011 г. ($W = 54.4$, $F_{10.7} = 112.6$);
- появление первой большой ($Sp \geq 500$ мдп) группы солнечных пятен – II 2011, первой очень большой (≥ 1500 мдп) – XI 2011 года и пока единственной гигантской (≥ 2500 мдп) – X 2014;
- явное преобладание пятнообразовательной активности N-полушария Солнца до середины 2013 г., затем S-полушария;
- первая большая вспышка ($M \geq 5$) осуществилась в II 2010 г.; первая мощная солнечная вспышка X6.9/2B осуществилась 9.08 2011 г.;
- максимум W^* – IV 2014 г. что означает рекордную длительность (64 месяца) ветви роста среди достоверных солнечных циклов;
- затянутое время переполосовки общего магнитного поля Солнца, которая началась в феврале 2012 г. и продолжается в северном полушарии до настоящего времени.

Одной из самых интересных особенностей 24 цикла является необычно большое количество ($< 1/3$) комплексов активных областей (КАО), промежуточной структуры между АО и комплексами активности. Геоэффективность солнечных вспышечных явлений и корональных дыр остаётся аномально низкой: за ~6.5 лет зарегистрировано одна очень большая, две большие магнитные бури ($Ap \geq 70$), 11 солнечных протонных событий ($E_{\text{пр}} > 10$ MeV) с потоком протонов больше 100 pfu, из которых 3 события были с потоком протонов больше 1000 pfu.

N. Kleorin

Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel

On Prediction of Solar Activity

A one-dimensional nonlinear dynamo model (no R-model) is used to study predictability of solar activity (Wolf numbers). The nonlinearity includes the dynamical equation for the magnetic helicity (the magnetic part of the alpha effect) and algebraic nonlinearity of the total alpha effect. The diffusion flux of magnetic helicity is taken into account. The Gnevyshev–Ohl rule works when only the algebraic nonlinearity is taking into account. This model reproduces well enough the Maunder Minimum of the solar activity. Properties of the nonlinear dynamo model were studied carefully: the limit cycle, period–amplitude and asymmetry–amplitude

dependences, Lyapunov's exponent were found and compared with results of solar observations. Results for solar dynamo were used to calibration the stellar dynamo.

Н.П. Колесников, С.И. Безродных, Б.В. Сомов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
**Расчет течений плазмы в приближении сильного магнитного поля в
окрестности пересоединяющего токового слоя с присоединенными
МГД-разрывами**

Рассматривается двумерная модель (Б.В. Сомов, 2013) магнитного пересоединения, включающая токовый слой Сыроватского и присоединённые к его концам МГД-разрывы конечной длины. В используемом приближении сильного поля и холодной плазмы система уравнений идеальной магнитной гидродинамики для магнитного поля \mathbf{B} , скорости течения плазмы \mathbf{v} и её плотности ρ в приближении сильного поля сводится к не зависящей от \mathbf{v} и ρ краевой задаче для магнитного поля, а также к системе дифференциальных уравнений для \mathbf{v} и ρ , коэффициенты которой зависят от \mathbf{B} . С.И. Безродных и др. (2011) построено аналитическое решение задачи для магнитного поля. В настоящей работе дан расчёт распределения скоростей течения плазмы и её плотности в окрестности токовой конфигурации. Получены распределения скачков плотности и скорости вдоль ударных волн. Показано, что исходя из характера изменения магнитного поля и течений плазмы на МГД-разрыве, при рассмотренных значениях параметров ударные волны включают в себя транс-альфвеновскую, быструю и медленную области.

Л.С. Леденцов, Б.В. Сомов

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
О тепловой неустойчивости токового слоя в солнечных вспышках

В рамках магнитогидродинамического подхода рассмотрены продольные возмущения однородного токового слоя. Показано, что условиями неустойчивости служат определенные соотношения между характерными временами теплопроводности и лучистого охлаждения плазмы. В результате неустойчивости в токовом слое образуется последовательность холодных и горячих волокон, расположенных поперек направления электрического тока. Рассмотренный механизм может быть ответственен за поджиг вспышечных петель в солнечных вспышках.

**Долговременные вариации магнитной северно-южной асимметрии
Солнца как эффект конвективных процессов**

Исследован период спада солнечной активности за 2007 г., в течение которого отмечалась значительная северо-южная асимметрия по различным солнечным индексам. Для анализа этой асимметрии использовались оценки магнитных моментов локальных источников, формируемые гигантскими ячейками конвекции в местах выхода тороидального магнитного поля из области его генерации. Оказалось, что средняя величина мощностей локальных источников южного полушария превышала аналогичный параметр северного полушария на 30%, проявляя небольшое изменение этого различия ($\approx 3\%$) за год. Кроме того, происходили нескоррелированные квази-5–6-месячные колебания относительно средних значений (до 60%), что создавало значимую полугодовую вариацию северо-южной асимметрии. Обнаруженные долговременная тенденция и квазиполугодовая вариация северо-южных различий средних мощностей магнитных источников интерпретируются как проявление эффектов широтных смещений оснований гигантских конвективных ячеек. Долговременные 30% отличия средних мощностей источников возможны при широтных различиях в пределах 1° – 5° в положениях оснований гигантских ячеек в полушариях. При этом отмечается изменение указанных широтных различий ($\sim 10^{-2}$ °/месяц), что должно приводить к временному масштабу смены знака северо-южной асимметрии ~ 10 лет. Квазиполугодовая вариация северо-южной асимметрии происходит вследствие колебаний стыков гигантских ячеек конвекции со скоростями 5 – 30 м/с.

Е.П. Миненко, Н.В. Карачик, Ч.Т. Шерданов, И. Самтаров

Астрономический институт им. Улугбека АН Республики Узбекистан,
Ташкент

**Исследование эволюции и основных параметров корональных ярких
точек и магнитных биполярных структур в фотосфере**

Небольшие, подобные точкам структуры в солнечной короне, названные корональными яркими точками (КЯТ), изучаются уже в течение почти четырех десятилетий. КЯТ представляют собой небольшие развивающиеся активные области, наблюдаемые по всему солнечному диску в течение полного цикла солнечной активности – от солнечного минимума вплоть до солнечного максимума. В большинстве случаев КЯТ связаны мелкомасштабными биполярными магнитными структурами (также именуемыми магнитными биполями), которые представляют собой два близлежащих потока противоположной полярности в фотосфере. Подробное изучение эволюции и основных параметров КЯТ, связанных с

биполями, дает уникальный материал по изучению взаимодействия и связи короны с фотосферой.

В рамках исследования эволюции КЯТ и их связи с магнитными биполярными структурами мы использовали данные с инструментов AIA (Atmospheric Imaging Assembly) и HMI (Helioseismic and Magnetic Imager), установленных на борту SDO (Solar Dynamics Observatory). Основными немаловажными характеристиками солнечных образований, в том числе и КЯТ, являются их максимальная интенсивность и размер. Для исследования интенсивности элементарных ярких точек нами было построено усредненное распределение всех корональных ярких точек по их максимальной интенсивности. Для этого были использованы 100 снимков AIA/SDO в фильтре 195 Å и HMI-магнитограмм в фильтре 6173 Å с пространственным разрешением в 1.5" и 1" соответственно. Данные обработаны с использованием программ, написанных в IDL 6.3. Для адаптации размера пикселя снимков и магнитограмм, а также калибровки (вращение, перенос, масштабирование) данных используется рутинная программа `aia_rpre.pro` из библиотеки стандартных процедур SolarSoft (SSW).

Найдено, что большинство точек имеют интенсивность в достаточно узком диапазоне от 300 до 800 DN (Data Number) с максимумом в 480. Распределение имеет довольно крутой подъем в области низких интенсивностей, в то время как в области высоких интенсивностей распределение убывает экспоненциально. Представленное распределение хорошо соответствует ранее описанному поведению двух типов КЯТ, где число «тусклых» КЯТ (с интенсивностью менее 500 DN) превышает число «ярких» КЯТ (с узким пиком от 450 до 480 DN). Распределение «ярких» КЯТ активного Солнца показывает уменьшение с ростом интенсивности.

Как указано выше, распределение числа «ярких» КЯТ уменьшается с ростом их максимальной интенсивности. Действительно, «яркие» КЯТ связаны с аннигиляцией магнитных потоков и их исчезновением при наблюдениях в фотосфере. Вероятно, «яркая» КЯТ может состоять из нескольких небольших "вспышек", которые происходят в течение всей жизни ярких точек этого типа. С другой стороны, «тусклые» КЯТ активного Солнца (состоят из элементарных ярких точек) связаны с возникающими мелкомасштабными магнитными биполями в фотосфере Солнца.

И.Ф. Никулин

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова
Наблюдения магнитных полей с высоким разрешением и магнитная структура пятен

Предложен простой способ наблюдения двумерного распределения магнитных полей без использования поляризационной оптики, т.е. без разделения полярностей. Метод открывает новые возможности для анализа магнитной структуры солнечных пятен.

А.Г. Пахомов

Российский университет дружбы народов, Москва
Наблюдение прохождения Венеры по диску Солнца

Проводится сравнение описаний исторических наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца 26 мая 1761 г., 23–24 мая 1769 г. и 8–9 декабря 1874 г. с собственными наблюдениями 8 июня 2004 г. и 6 июня 2012 г. Изучается возможность обнаружения венерианской атмосферы при ходе планеты с солнечного диска. С точки зрения сравнения с наблюдениями прохождений 2004 г. и 2012 г., особо интересны описания наблюдений 1874 г., выполненных в Одессе и Луксоре. Рассматриваются экстремальные состояния сознания во время кратковременных астрономических наблюдений и возможность их рефлексии.

А.Г. Пахомов

Российский университет дружбы народов, Москва
Солнечные затмения и антропный принцип

Совпадения видимых размеров Солнца и Луны имеет смысл рассматривать в контексте антропного принципа. Возможно, благодаря солнечным и лунным затмениям в голове будущего человека разумного закрепились минутные, часовые и многогодичные ритмы, что без затмений было бы невозможно. Возникшее беспокойство послужило источником зарождения внутреннего чувства музыки как наложения случайной и периодической составляющей, а затем и появления речи. Единственным методом, позволяющим определять внутреннюю солнечную корону, по сей день остаётся наблюдение полных солнечных затмений. Существует множество вопросов по физике Солнца и околосолнечного пространства, для разрешения которых требуется наблюдение полных солнечных затмений.

А. И. Подгорный¹, И. М. Подгорный²

¹Физический институт РАН им. П. Н. Лебедева, Москва

²Институт астрономии РАН, Москва

Солнечные вспышки – модель и сравнение с наблюдениями

Модель солнечной вспышки, основанная на накоплении магнитной энергии в токовом слое, образующемся в окрестности особой линии магнитного поля над активной областью, объясняет наблюдаемое в рентгеновском излучении освобождение энергии при вспышке высоко в короне. Быстрое освобождение магнитной энергии происходит при переходе токового слоя в неустойчивое состояние. Численное магнитогидродинамическое моделирование над реальной активной областью показало образование токовых слоев в короне, в магнитном поле которого запасается энергия для вспышки. Распад токового слоя

должен приводить к взрывному выделению энергии. Наблюдаемый в короне источник теплового излучения с выделением энергии $\sim 10^{31}$ эрг согласно электродинамической модели вспышки должен располагаться в токовом слое. Нагревание плазмы в слое должно происходить в результате диссипации магнитного поля слоя. Данные аппарата RHESSI показывают быстрый нагрев плазмы с концентрацией плазмы $\sim 10^{11}$ см⁻³ до температуры более тридцати миллионов градусов. При численном моделировании образования токового никаких предположений о механизме вспышки не делалось, все условия брались из наблюдений. Для задания граничных условий на солнечной поверхности использовались карты магнитного поля, получаемые прибором MDI аппарата SOHO. Расчеты начинались за несколько дней до вспышки, когда сильных возмущений в короне не было, и поэтому рассчитанное в короне потенциальное магнитное поле можно использовать для задания начального условия. Из-за сложности конфигурации магнитного поля над активной областью, не позволяющей отыскать токовый слой более простыми средствами, необходима разработка специального метода оперативного обнаружения вспыхивающих токовых слоев в магнитном поле в короне, которое находится численным моделированием. Метод поиска основан на свойстве токового слоя, согласно которому максимум абсолютной величины плотности тока располагается в его центре. В любой выбранной плоскости, которая как угодно может располагаться в пространстве в расчетной области, строятся линии уровня абсолютной величины плотности тока. На плоскость наносятся все положения локальных максимумов плотности тока в этой плоскости, а также проекции положений всех локальных максимумов плотности тока в пространстве на эту плоскость. Места пересечения токовых слоев с выбранной плоскостью и центры токовых слоев соответствуют некоторым из отмеченных точек. Для того, чтобы представить распределение плотности тока в пространстве, выбранная плоскость может перемещаться в перпендикулярном ей направлении с автоматической перестройкой линий уровней. Программа позволяет легко вывести подробную информацию о любой отмеченной точке максимума. Для того чтобы выяснить, соответствует ли данная точка токовому слою или просто соответствует повышению плотности тока вследствие какого-либо возмущения, программа строит конфигурацию магнитного поля. Найденное при помощи графической системы положение токового слоя совпадает с наблюдаемым положением источника рентгеновского излучения для вспышки, произошедшей 27 мая 2003 г в 02:53 в активной области NOAA 10365. Совпадение положений токового слоя и источника теплового рентгеновского излучения является прямым указанием на правильность подхода к пониманию вспышки, основанного на теории токового слоя в короне.

Ускорение и распространение солнечных космических лучей

Исследования спектров релятивистских протонов, регистрируемых мировой сетью нейтронных мониторов, и сравнение с результатами численного МГД моделирования показали, что ускорение протонов, сопровождающих солнечную вспышку, происходит во вспышечном токовом слое вдоль особой линии магнитного поля. Ускоренные в токовом слое протоны обладают экспоненциальным спектром. Из анализа многолетних измерений потоков протонов с энергией 10–100 МэВ на космических аппаратах GOES следует, что характеристики потока ускоренных протонов, достигающих орбиты Земли, зависят от положения вспышки на солнечном диске. Так называемая быстрая компонента релятивистских протонов регистрируется от вспышек, возникших на западной части солнечного диска, с задержкой, определяемой временем пролета частиц без столкновений. Она приходит к Земле с резким (~5 мин) фронтом. Ларморовский радиус протонов в межпланетном пространстве много меньше расстояния от Земли до Солнца. Это значит, что частицы быстрой компоненты приходят к Земле вдоль линий магнитного поля. Такими линиями являются линии спирали Архимеда. Быстрая компонента приходит от западных вспышек с кругым фронтом и запаздыванием менее 20 минут. Протоны, не попавшие сразу на линии поля, переносятся поперек поля со скоростью солнечного ветра и диффундируют за счет рассеяния на неоднородностях магнитного поля. Длительность регистрации релятивистских протонов составляет около 3 суток, что соответствует переносу частиц со скоростью солнечного ветра. Фронт прихода протонов от вспышек на восточной части диска пологий. Его длительность более 10 часов. Поток протонов от таких вспышек начинает регистрироваться с запаздыванием более трех часов. Быстрая компонента не регистрируется аппаратами GOES от вспышек, произошедших на восточной части солнечного диска. Частицы от вспышек, происшедших на восточной части солнечного диска, не могут попасть на линию магнитного поля, связывающую вспышку с Землей. Захваченные магнитным полем, частицы восточных вспышек могут переноситься солнечным ветром и диффундировать поперек поля. В отдельных очень редких случаях быстрая компонента от западных вспышек не регистрировалась аппаратом GOES. Это происходило, если перед регистрируемым протонным событием наблюдались мощные вспышки и корональные выбросы массы, которые могли исказить конфигурацию поля, и распространяющийся вдоль линий поля поток протонов не мог достичь магнитосферы Земли.

Если часть быстрых протонов приходит к Земле вдоль линий магнитного поля и образует быструю компоненту, а другая часть распространяется поперек поля, то нет необходимости для объяснения

быстрой и запаздывающей компонент привлекать два различных механизма ускорения протонов (ускорение во вспышке и ускорение в ударной волне). Наблюдаемые факты объясняются действием единого механизма ускорения протонов в токовом слое.

Г.А. Порфирьева, Г.В. Якунина

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Хромосферные спикюлы и связь с короной

Представлен краткий обзор результатов наблюдений хромосферных спикюл, их связи с фотосферными магнитными полями и возможной роли в переносе энергии и нагреве солнечной короны. Использованы данные, полученные на спектрополяриметре CRISP и солнечном телескопе SST/La Palma, NST/Big Bear, IBIS/DST/NSO и на приборах, установленных на космических обсерваториях: SOT и EIS/Hinode, SUMER/SOHO, TRACE и AIA/SDO. Синюю асимметрию спектральных линий, образующихся в хромосфере (CaII 8542, CaII H, H α), переходной области (CIV 1548, NeVIII 770, FeIX/X 171) и короне (FeXIV 274, 264), можно объяснить наличием слабых потоков вещества, направленных вверх со скоростями (30–120) км с⁻¹. Характеристики этих потоков указывают на их связь со спикюлами II типа и быстрыми хромосферными событиями RBEs (Rapid Blueshifted Excursions). Потоки, направленные вверх, возникают непрерывно вблизи границ хромосферной сетки в спокойном Солнце, в факельных полях, а также в корональных дырах. Асимметрия линий обнаруживается также при интерференционных наблюдениях полных солнечных затмений.

Оценка энергии, переносимой спикюлами, показывает, что спикюлы II типа могут играть большую роль в динамике и нагреве короны. Образование спикюл II типа, по-видимому, тесно связано с процессами магнитного пересоединения в короне. Кратко обсуждаются некоторые трудности, возникающие при интерпретации наблюдений.

Е.М. Рощина, А.П.Сарычев

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

О прогнозе следующего 11-летнего цикла солнечной активности

Предлагаемый способ прогноза основан на имитации реальных 11-летних циклов аппроксимирующими функциями с тремя свободными параметрами. Для этих параметров получены математические соотношения, описывающие вековые вариации амплитуды циклов, эффект Вальдмайера и одну из формулировок правила Гневьшева–Оля. Эти соотношения используются при прогнозе двух параметров функции, аппроксимирующей будущий цикл. Для прогноза третьего параметра используется его зависимость от количественных характеристик предыдущего цикла.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН
**Классификационный индекс Малдэ и долговременные изменения
средних свойств солнечных пятен**

Доклад посвящён малоизвестному параметру солнечного пятнообразования – классификационному индексу Малдэ (CV – Classification Value). В основу индекса Малдэ положена эволюционная классификация солнечных пятен, разработанная в начале 1980-х годов П. Мак-Интошем из прогностического центра в Боулдере. Шестьдесят боулдеровских классов описывают типичный сценарий развития солнечного пятна. Малдэ (1985) «взвесил» боулдеровскую классификацию, присвоив каждому классу вполне «осязаемое» числовое значение. Как и число Вольфа, индекс Малдэ позволяет вести статистику солнечного пятнообразования, измеряя его текущий уровень. По программе наблюдений Национального центра геофизических данных (NGDC, США) были построены ряды среднемесячных значений индекса Малдэ и чисел Вольфа за 1982–2013 гг. Отношение этих двух индексов солнечного пятнообразования позволяет проанализировать вопрос о сравнительном увеличении доли мелких пятен за последние одиннадцатилетние циклы солнечной активности, который связан с так называемым «эффектом Ливингстона–Пенна». Найденная закономерность согласуется с выводами Певцова и др. (2011) и подтверждает интерпретацию эффекта Ливингстона–Пенна как долговременное увеличение доли мелких пятен в общем их числе (Наговицын и др., 2012). Помимо этого немаловажен тот факт, что кривая CV/W совпадает с индексом глобального эффективного мультиполя и рядом других индексов, характеризующих активность Солнца, в частности, с числом корональных выбросов массы (Обридко и др., 2012).

Автор благодарит Ю.А. Наговицына и В.Н. Обридко за обсуждение и советы по теме данной работы.

М.И. Рябов

Одесская обсерватория «УРАН-4» Радиоастрономического института
Национальной академии наук Украины

**Основные характеристики 12–24 циклов северного и южного
полушарий Солнца и их взаимодействие**

Проблема северо-южной асимметрии является одной из ключевых в понимании природы солнечного цикла. В большом числе работ на основании среднемесячных и среднегодовых значений различных индексов и в предположении единого солнечного цикла показаны основные проявления асимметрии. В ряде наших работ на основе применения вейвлет-анализа ежедневных и среднемесячных значений солнечных индексов выявлено существенное различие в развитии активности в северном и южном полушарии. Получены многочисленные

данные, позволяющие утверждать существование «северного» и «южного» циклов солнечной активности, обладающих собственными независимыми параметрами, такими как: время начала, время роста, максимума, время спада, преобладающими периодами формирования каждого из циклов. Применение метода полосовой фильтрации позволяет различать у обоих циклов проявление «11-летней» составляющей, ее амплитуды и продолжительности. Выявлено различие в появлении, трансформации и времени существования периодов продолжительностью от 7 до 2 лет от цикла к циклу в каждом полушарии. По данным глобальных спектров мощности в каждом цикле реализуются фазы активности с различным спектром периодов продолжительностью менее 2 лет. Вместе с тем, в определенные периоды, за счет существования комплексов активности как единых структур наблюдается совместное проявление активности в обоих полушариях Солнца. Также определенным образом синхронизировано время начала и завершения активности в каждом из полушарий Солнца. В работе представлены физические характеристики 12–24 «северного» и «южного» циклов активности, которые могут быть основой для прогнозирования развития солнечной активности.

Г.Я. Смольков¹, Ю.В. Баркин²

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

²Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Внешние факторы солнечно-земных связей

Солнечно-земные связи определяют состояние и изменчивость среды обитания и деятельности человечества. Их изучение выполняется по национальным и международным программам. Несистемное изучение, лишённое объективного учёта всех исходных (внешних) факторов, без междисциплинарного объяснения механизмов их воздействия на Землю и характерных их проявлений, неизбежно приводит при этом к вынужденному отнесению необъяснимых процессов и явлений к «природным аномалиям», сохранению вопросов без ответа, не позволяет полностью проникнуть в суть солнечно-земных связей, и затрудняет прогноз изменения природной среды. Продолжающаяся ориентация МГЭИК на антропогенный фактор привела учёных фундаментальной науки и учёных, обслуживающих политиков, к конфликту, до цензуры и гонений; отсутствие надёжных данных по временным шкалам необходимой длительности – к неопределённости результатов исследований, в итоге к кризисному состоянию изучения солнечно-земных связей. Без учёта всех внешних факторов воздействия на Землю не объяснены механизмы, энергетика, цикличность, полярная асимметрия, инверсия, синхронность событий и процессов, нестабильность суточного вращения Земли, скачкообразные и другие особенности их проявлений. Авторы предлагают, наряду с воздействиями на Землю солнечной активности и потоков ГКЛ, учитывать ещё роль и вклад в солнечно-

земные связи эндогенной активности Земли, обусловленной гравитационным воздействием на нашу планету со стороны Луны, Солнца и других планет в процессе барицентрического движения Солнечной системы в гравитационном поле Галактики, а также возмущений Солнечной системы в целом извне процессами и событиями ближнего и дальнего космоса. Работа представляется в порядке дискуссии в интересах развития системного и междисциплинарного изучения солнечно-земных связей с учётом всех исходных глобальных факторов, воздействующих на Землю.

А.А. Соловьев, Е.А. Киричек

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Модель неосесимметричного солнечного пятна со стационарными течениями плазмы

Дается точное аналитическое решение стационарной задачи идеальной МГД для температурно-плотностных распределений и скорости течений плазмы в солнечном пятне; приводятся радиальные и вертикальные профили давления, плотности и температуры. Магнитная структура солнечного пятна задается аналитически так, что часть магнитного потока пятна замыкается у внешнего края полутени на окружающую фотосферу. Магнитное поле пятна не предполагается осесимметричным. Угловая зависимость величин в данной модели впервые позволяет описывать не только отклонения формы пятна от круговой, но и тонкую волокнистую структуру полутени солнечного пятна. Альвовское число Маха – отношение скорости течений плазмы к альвовской – равняется нулю в центре пятна и медленно нарастает к периферии, что соответствует характеру течений Эвершеда в полутени солнечного пятна. Показано, что эти течения, в согласии с наблюдениями, концентрируются в темных волокнах полутени.

Л.И. Шестакова

Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы

Результаты наблюдений распределения пыли в F-короне

Представлены результаты моделирования распределения пыли в околосолнечной области по наблюдениям лучевых скоростей в F-короне до расстояний 7–11 солнечных радиусов во время полных солнечных затмений разных лет: 31.07.1981, 11.08.1991, 29.03.2006 и 01.08.2008. Сравнение результатов показало, что пыль в разные годы меняет состав и динамически неоднородна. Кроме пыли, связанной с зодиакальным облаком, концентрирующейся к плоскости эклиптики, обнаруживается пыль обратного движения, выбросы и аккреция в области полюсов.

По результатам наблюдения затмений 31.07.1981, 11.08.1991 и 01.08.2008 обнаружена знаковая асимметрия восток–запад, где лучевые

скорости к востоку от Солнца отрицательны, а к западу – положительные. Такое распределение скоростей свидетельствует об орбитальном движении пыли вблизи плоскости эклиптики, совпадающем с направлением движения планет.

Во время затмения 29.03.2006 обнаружено, что динамическая связь с зодиакальным облаком практически отсутствует. При этом определено направление, где наблюдаемые скорости максимальны по величине и противоположны по знаку по разные стороны от Солнца, что свидетельствует о наличии орбитального движения, не совпадающего с плоскостью эклиптики. Результаты 2006 г. показывают явную генетическую связь наблюдаемого орбитального движения пыли с родительскими кометами группы Крейца, обнаруженными около Солнца вблизи даты затмения.

Величины скоростей, наблюдаемых вблизи линии симметрии в картинной плоскости, возрастают по величине с увеличением элонгации, что возможно в случае, если луч зрения пересекает пустую зону, свободную от пыли. Моделирование данных наблюдений вблизи плоскости симметрии позволили получить параметры распределения пыли вблизи области сублимации.

В 2006 году наблюдалась «черная» кометная пыль с низким альбедо ($A = 0.05$) с высоким значением показателя степенного закона распределения концентрации пыли с расстоянием ($v = 2.2 > 1$) и показателя степенного закона в распределении частиц по размерам ($\gamma = 5.2 > 4.0$), сильным световым давлением ($\beta = 0.70-0.74$). Определен средний радиус частиц $\approx 0.8-0.9$ мкм и радиус беспылевой зоны $\approx 9.1-9.2$ солнечных радиусов, что соответствует расстояниям, где распадаются ледоплавкие составляющие оливинов и пироксенов.

В 2008 г. наблюдалась зодиакальная пыль, концентрирующаяся к плоскости эклиптики с классическими параметрами: $A = 0.1-0.2$, $v \approx 1$, $\beta \approx 0$, $\gamma = 4.0$. Средние радиусы частиц $0.9-1.2$ мкм, радиус беспылевой зоны $7.0-7.6$ солнечных радиусов.

О.В. Чумак, Т.В. Матвейчук

Гос. астрон. институт им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова

Прогноз основных параметров 25 цикла солнечной активности и сравнение с данными наблюдений прогноза авторов на 24 солнечный цикл

В докладе представлен прогноз основных параметров 25-го солнечного цикла на основе обнаруженной эмпирической закономерности в положениях изображающих точек в координатах: высота максимума предыдущего цикла – энтропия последующего. Зная высоту максимума текущего цикла, и воспользовавшись этой закономерностью, можно оценить энтропию будущего цикла. Показано, также, что энтропия циклов хорошо коррелирует с высотой их максимумов, что дает возможность получить оценку высоты максимума будущего цикла. В свою очередь, известная

корреляция между высотой максимума и продолжительностью ветви роста (правило Вальдмайера) позволяет сделать оценку эпохи максимума, если известен момент минимума. Кроме того, найденная закономерность позволяет обнаружить циклы-аналоги, ближайšie к прогнозируемому циклу, и, таким образом, получить синоптический прогноз всех основных особенностей будущего цикла. Метод показал хорошую оправдываемость на прогнозе предыдущего 24 цикла (O.V. Chumak, T.V. Matveychuk, 2010): прогноз дал практически точное значение высоты максимума 24 цикла и, если скорректировать его на правильную дату эпохи минимума 23 цикла, дал, с точностью до месяца, дату его наступления в мае–июне 2014 г. Кроме того, благодаря использованию синоптических циклов-аналогов, метод позволяет дать прогноз значений чисел Вольфа не только в максимуме, но и для остальных фаз, то есть получить ориентировочные оценки всех основных особенностей прогнозируемого цикла. В докладе представлен график чисел Вольфа на 25 цикл, основанный на настоящем методе.