Физический факультет





Кафедра астрофизики и звездной астрономии (отчет за 1995-99)

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Краткая история кафедры	2
2.	Штатное расписание	
3.	Учебная работа	
Уι	небный план кафедры	
	реподавание факультетских, отделенческих и общекафедральных курсов	
-	реподавание специальных курсов	
	пециальный практикум	
	оганизация летних и учебных практик.	
	аблюдательные базы ГАИШ МГУ.	
	гуденческая обсерватория ГАИШ МГУ.	
	настие кафедры в программе «Интеграция»	
4.	Подготовка специалистов	
5.	Научная работа	16
На	аправления научных исследований	17
	Релятивистская астрофизика	
	Физика и эволюция двойных звезд	
	Физика галактик	23
	Физика Солнца и гелиосейсмология	27
	Изучение Галактики	29
На	аучные семинары	32
На	аучно-организационная работа	32
M	еждународные связи	33
	ранты и научные проекты	
Пј	ремии, почетные звания	35
6.	Публикации	36
7.	Методическая работа кафедры	38
Уч	небные пособия, учебники, монографии	
	овузовское образование	
8.	Защиты диссертаций	
9.	Кафедральные ресурсы INTERNET	
10.	Перспективы развития кафедры	

1. Краткая история кафедры

Первые лекции по астрономии в Московском университете читал профессор И.А. Рост в 1770-х годах. Тогда же начались попытки создать обсерваторию. Однако московский пожар 1812 г. сильно подорвал эти начинания. Об этом можно судить на основании документов, хранящихся в Архивах МГУ и в Отделе редких книг Научной библиотеки МГУ. Удалось установить, что преподавание в МГУ фактически началось в середине XVIII столетия. По старому стилю 31 октября 1756 г. венский профессор Ф.Г. Дильтей прочитал публичную лекцию по естественному праву, а 17 декабря 1756 г. состоялась публичная защита студентами своих тезисов перед оппонентами под председательством профессоров Ф.Г. Дильтея, Ф.Г. Фромана и Н. Поповского. Студенты были переведены в Москву из Петербургского университета при Академии Наук. По сути, это объявление может рассматриваться как начало публичных защит в Московском университете. Напечатанное на латинском языке, оно ошибочно значится в Архиве под названием «Объявления о лекциях Ф. Дильтея и Н. Поповского».

Кратко перечислим основные исторические факты.

В период с 1756 по 1764 гг. в расписаниях занятий астрономия не упоминается, однако анализ пособий, по которым в это время профессор И. Рост (1726-1791) читал курсы математических дисциплин на философском факультете, позволяет считать, что на своих лекциях он излагал студентам элементы астрономии и, возможно, проводил с ними некоторые наблюдения. Так, в докладной записке на имя ректора М.М. Хераскова упоминается «грегорианская труба», хранившаяся в физическом кабинете, которым заведовал Рост. В докладной также упоминается механик Демулен, доведший «оную трубу и кабинет» до непригодного для проведения занятий состояния.

К сожалению, из-за пожара 1812 г. расписания лекций с 1764 по 1788 гг. погибли, поэтому точные данные о занятиях в этот период отсутствуют.

В расписаниях лекций на 1789-1790 гг., читавшихся И.Ростом, упоминается «Аерономия». Возможно, именно это упоминание позволило С.Н. Блажко считать, что именно 1789 год является (документально подтвержденным) началом преподавания астрономии как самостоятельной дисциплины. Однако, как видно из анализа книг Вейдлера и Кригера, по которым Рост читал свои лекции, «Аерономия» была не астрономией, а пневматикой.

Первое упоминание Астрономии в расписании лекций встречается в 1800-1801 гг. в курсе лекций по математике и механике М.И. Панкевича (1757-1812) — ученика И.Роста. Однако в последующие годы астрономия в расписаниях лекций не упоминается.

Началом профессионального преподавания астрономии можно считать 1805-1806 гг., когда «профессор Астрономии и наблюдатель» Ф. Гольдбах (1763-1811) объявляет в расписании лекций, что будет проводить занятия по Сферической и Теоретической Астрономии. При этом в расписании на 1806-1807 гг. упоминаются и систематические демонстрации и наблюдения, которые будут проводиться «по погоде». В 1808-1809 и 1810-1811 учебном году астрономия не читалась. После смерти в 1811 г. Гольдбаха, а в 1812 г. Панкевича, астрономия практически не преподавалась до 1824 г., за исключением 1815-1816 и 1820-1821 гг., когда курс астрономии пытался читать профессор математики Ф. Чумаков. Среди причин, тормозивших внедрение курса астрономии, важное место, по-видимому, занимает слабое знание студентами математики. Так, в расписании лекций Гольдбах предлагал проводить дополнительные занятия по математике «бесплатно».

В 1818 г. в МГУ приходит профессор и член Российской Академии Наук М.Д. Перевощиков. С ним связано начало систематического преподавания астрономии в университете. Это был большой ученый и талантливый преподаватель, математик, небесный механик, автор первых российских учебников по астрономии. Будучи деканом и ректором, он возобновляет регулярное преподавание астрономии и в 1826 г. становится профессором созданной в университете Кафедры астрономии. В 1831 г. он создает обсерваторию на Пресне - будущий ГАИШ. Таким образом, кафедра астрономии возникает лет на пять раньше, чем начинается в Московском университете история астрономии как науки. Уже с этого времени преподавание и научно-исследовательская работа в области астрономии оказываются в МГУ неразделимыми между собою. Д.М. Перевощиков в 1824-1825 гг. начал читать курс лекций по Рациональной Астрономии по руководству Шуберта. Перевощиков начинает проводить со студентами занятия по наблюдательной астрономии, а в ноябре 1831 г. под его руководством было завершено строительство обсерватории.

Начало астрофизических исследований в Московском университете было положено Ф.А. Бредихиным (1831-1904). Им же были прочитаны и первые публичные лекции в 1872 г. «Современные способы исследования свойств небесных тел; фотография, фотометрия и спектральный анализ», «Строения и свойства Солнца» и др., которые могут рассматриваться как начало преподавания астрофизики (термин «астрофизика» был введен в 1865 г. И. Целльнером и в это время в России еще не употреблялся).

Хотя астрофизические исследования велись в Университете с конца 60-х гг. XIX в. (Ф.А. Бредихин, В.К. Цераский и др.) в «Истории» Блажко и др. работах нет никаких упоминаний о чтении лекций по астрофизике. Впервые такой курс, читавшийся С.Н. Блажко, упоминается в расписании 1918-1919 гг. (курс назывался «основы астрофизики»). Вскоре после этого, в 1922 г., был создан Государственный астрофизический институт (1922-1931), ставший затем частью ГАИШ.

В дальнейшем научно-педагогическая деятельность кафедры и обсерватории организуется благодаря активной деятельностью таких выдающихся астрономов и преподавателей как А.Н.Драшусов (1816–1890; директор 1844–1855), Б.Я.Швейцер (1816–1873; 1856–1873), М.С.Хандриков (1837–1915), Ф.А.Бредихин (1831–1904; 1873–1890), В.К.Церасский (1849–1925; 1890–1916); П.К.Штернберг, (1865–1920;1916-1917); А.А.Белопольский (1854–1934), С.Н.Блажко (1870–1956; 1920–1931); В.Г.Фесенков (1889-1972; 1936-1939); С.А.Казаков (1873–1936); С.В.Орлов (1880–1958; 1943–1952); И.А.Казанский (1886–1963); И.Ф.Полак (1881–1954), Л.В.Сорокин (1886–1954;), А.А.Михайлов (1888-1983); Н.Д.Моисеев (1902-1955; 1939-1943); П.П.Паренаго (1906-Б.В.Кукаркин (1909-1977; 1952-1956); Ю.Н.Липский, 1960); (1909-1978),Б.М.Щигллев(1891–1976), Г.Ф.Ситник, Д.Я.Мартынов, Е.П.Аксенов и ныне здравствующие ученые и профессора.

2. Штатное расписание

Заведующий кафедрой астрофизики и звездной астрономии — ЧЕРЕПАЩУК Анатолий Михайлович, доктор физ.-мат. наук, профессор, член-корр. РАН.

Штатные преподаватели.

Фамилия, имя отчество (г.р.)	Ученая	Должность	Ученое зва-
	степень		ние
Засов Анатолий Владимирович (1941)	д.фм.н.	профессор	профессор
Липунов Владимир Михайлович (1952)	д.фм.н.	профессор	профессор
Расторгуев Алексей Сергеевич (1951)	д.фм.н.	профессор	доцент
Постнов Константин Александрович (1959)	д.фм.н.	профессор	доцент
Кононович Эдвард Владимирович (1930)	к.фм.н.	доцент	доцент
Глушкова Елена Вячеславовна (1964)	к.фм.н.	доцент	доцент

Средний возраст профессорско-преподавательского и научного штата (без учета учебно-вспомогательного персонала) составил 46 лет.

Профессора-совместители.

В период 1995-1999 профессорами-совместителями кафедры были следующие ведущие специалисты других учреждений

Фамилия, имя, отче-	Ученая	Должность	Ученое	Место основной
СТВО	степень		звание	работы и долж-
				ность
Черепащук Анато-	д.фм.н.	проф. (0.5)	член-корр.	Директор ГАИШ
лий Михайлович				
Курт Владимир	д.фм.н.	проф. (0.5)	профессор	Зам. дир. АКЦ
Гдальевич				ФИАН
Фридман Алексей	д.фм.н.	проф. (0.5)	член-корр.	Зав. отделом
Максимович				ИНАСАН
Руденко Валентин	д.фм.н.	проф. (0.5)	профессор	Зав. отделом ГА-
Николаевич				ИШ
Щеглов Петр Вла-	д.фм.н.	проф. (0.5)	профессор	Гл. науч. сотр.
димирович				ГАИШ

В настоящее время (1999/2000 уч.год) на кафедре по совместительству работают А.М.Черепащук (0.5 ставки профессора с исполнением обязанностей заведующего кафедрой), В.Г.Курт и А.М.Фридман (0.5 ставки профессора).

Научные сотрудники и учебно-вспомогательный персонал.

Фамилия, имя отчество	Ученая степень	Должность
Батурин Владимир Анатольевич	к.фм.н.	науч. сотр.
Панченко Иван Евгеньевич	к.фм.н.	мл. науч. сотр.
Петроченко Людмила Николаевна		физик
Александрова Оксана Викторовна		физик
Хромова Татьяна Павловна		физик
Галкина Маргарита Павловна		ст. лаб.
Жуйко Сергей Валентинович		физик (0.5 ставки)

3. Учебная работа

Учебный план кафедры.

Учебный план кафедры астрофизики и звездной астрономии составлен на основе текущего Учебного плана астрономического отделения, утвержденного Ректором МГУ 10 октября 1994 г. В отличие от учебного плана по специальности «Физика», учебный план по специальности 010900 «Астрономия» предусматривает подготовку специалистов-астрономов начиная с 1 семестра и чтение общеотделенческих дисциплин специальности в 1-5 семестрах, до официального распределения по кафедрам. Большая часть этой плановой нагрузки ложится на преподавателей кафедры астрофизики и звездной астрономии, что требует полного кадрового обеспечения кафедры (профессора и доценты по разным специализациям) несмотря на сравнительно небольшую численность студенческих групп астрономического отделения (15-20 человек).

Распределение студентов на кафедру осуществляется после 5 семестра на конкурсной основе. Основными критериями отбора являются успеваемость за 4 семестра и научная работа студентов. Кафедральные спецкурсы читаются начиная с 6 семестра. Учебным планом СПЕЦИАЛИСТА-АСТРОНОМА предусмотрены следующие объемы кафедральных занятий:

Се-	Вид занятий (обязательные, по выбору)	Кол-во часов	Формы отчет- ности
6	Спецкурс по выбору Спецкурс по выбору Спецпрактикум Летняя практика по специализации	32 32 32 180	Зачет Зачет - Зачет в 7 сем.
7	Теоретическая астрофизика (часть 1) (обязательный) Спецкурс по выбору Спецкурс по выбору Спецсеминар Спецпрактикум Подготовка курсовой работы	36 36 36 36 108 36	Экзамен Экзамен Зачет - Зачет

8	Теоретическая астрофизика (часть 2) (обязательный) Спецкурс по выбору Спецсеминар Спецпрактикум Выполнение курсовой работы с защитой на кафедре	32 32 32 96 64	Экзамен Экзамен Зачет Зачет Зачет с оценкой
9	Спецкурс по выбору Спецкурс по выбору Спецкурс по выбору Спецсеминар Спецпрактикум Лаборатория специализации	36 36 36 36 108 180	Экзамен Экзамен Зачет Зачет Зачет Зачет
10	Спецкурс по выбору Спецкурс по выбору Спецкурс по выбору Спецкурс по выбору Производственная практика с отчетом на кафедре	32 32 32 32 32 532	Экзамен Экзамен Зачет Зачет с оценкой
11	Выполнение дипломной работы с защитой на ГАК AO	720	Защита с оцен- кой
Итого часов (без производственной практики, курсовой и дипломной работы), число зачетов и экзаменов:		1100	8 экза- менов 13 заче- тов

Особенностью учебного плана кафедры является большое количество спецкурсов по выбору.

В рамках кафедральной подготовки специалистов-астрономов предусмотрены специализации 010901 - «Астрофизика», 010903 - «Радиоастрономия»; кроме того, на кафедре ведется подготовка магистров по следующим направлениям: «Физика Земли и планет», «Физика атмосферы и околоземного пространства», «Астрофизика».

Преподавание факультетских, отделенческих и общекафедральных курсов.

Штатные преподаватели и профессора-совместители кафедры обеспечивают преподавание следующих факультетских и отделенческих дисциплин.

А) Факультетский курс:		
«Астрофизика»	(6 сем., 32 час.)	д.фм.н., проф. Постнов К.А.
Б) Отделенческие курсы:		
«Общая астрономия»	(1-2 сем., 144 час.)	к.фм.н., доц. Кононович Э.В.,
		д.фм.н., проф. Черепащук А.М.,
		д.фм.н., проф. Постнов К.А.
«Галактическая астроно-	(3-4 сем., 84 час.)	д.фм.н., проф. Расторгуев А.С.
мия»		
«Радиофизика»	(5 сем., 54 час.)	д.фм.н. Руденко В.Н. (совмести-
		тель)

«Общая астрофизика»	(5-6 сем., 86 час.)	д.фм.н., проф. Засов А.В., д.ф
		м.н., проф. Липунов В.М., д.ф
		м.н., проф. Постнов К.А.
«Практическая астрофизи-	(6 сем., 48 час.)	д.фм.н. Щеглов П.В. (совмести-
ка»		тель)
«Геофизика и физика пла-	(7-8 сем., 86 час.)	д.фм.н. Курт В.Г. (совместитель)
нет»		
В) Общекафедральный курс:		
«Теоретическая астрофизи-	(7-8 сем., 68 час.)	д.фм.н., проф. Липунов В.М.
ка»		

Большинство общих курсов обеспечено учебниками, учебными пособиями, в том числе электронными, или монографиями. По курсу «Радиофизика» имеется конспект лекций, размноженный в количестве 25 экземпляров и переданный в библиотеку ГА-ИШ. Пособия по курсу «Геофизика и физика планет» пока нет, используется конспект лекций.

Преподавание специальных курсов

На кафедре астрофизики и звездной астрономии силами штатных преподавателей, профессоров-совместителей, сотрудников ГАИШ и других астрономических учреждений читается большое число спецкурсов по выбору, тематика которых охватывает практически все направления современной астрофизики. Учебным планом кафедры предусмотрена сдача 6 зачетов и 6 экзаменов по спецкурсам по выбору в 6-10 семестрах.

Приводится список специальных курсов по выбору, читавшихся студентам 3-5 курсов на кафедре астрофизики и звездной астрономии в 1995-1999 г., с указанием места основной работы лекторов.

ШТАТНЫМИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ И ПРОФЕССОРАМИ-СОВМЕСТИТЕЛЯМИ КАФЕДРЫ ЧИТАЛИСЬ:

«Астрофизика нейтронных звезд и черных дыр»	32 ч.,	проф. Липунов В.М.
	4 курс	
«Эволюционная астрофизика»	36 ч.,	проф. Постнов К.А.
	4-5 курс	
«Элементы звездной динамики»	36 ч.,	проф. Расторгуев А.С.
	4-5 курс	
«Физика галактик»	32 ч.,	проф. Засов А.В.
	4-5 курс	
«Звездные скопления»	36 ч.,	доц. Глушкова Е.В.
	3 курс	
«Физика Солнца и гелиосейсмология»	52 ч.,	доц. Кононович Э.В.
	5 курс	(совместно с Батури-
		ным В.А.)
«Тесные двойные системы»	36 ч.,	проф. Черепащук А.М.
	5 курс	(совмест.)
«Внеатмосферная астрономия»	32 ч.,	проф. Курт В.Г. (со-
	5 курс	вмест.)

«Нелинейная динамика астрофизических дис-	32 ч.,	проф. Фридман А.М.
KOB»	5 курс	(совмест.)
«Нелинейная классическая гравифизика»	36 ч.,	проф. Фридман А.М.
	5 курс	(совмест.)
«Нелинейная гравифизика и хаос»	32 ч.,	проф. Фридман А.М.
	4-5 курс	(совмест.)
«ОТО и астрофизические наблюдения»	32 ч.,	проф. Руденко В.Н. (со-
	4-5 курс	вмест.)

НАУЧНЫМИ СОТРУДНИКАМИ ГАИШ ЧИТАЛИСЬ:

36 ч.,	д.фм.н. Бочкарев Н.Г.
5 курс	
32 ч.,	д.фм.н. Шакура Н.И.
5 курс	
32 ч.,	проф. Чернин А.Д.
4-5курс	
32 ч.,	к.фм.н. Ламзин С.А.
• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	
52 ч.,	к.фм.н. Батурин В.А.
5 курс	
36 ч.,	д.фм.н. Лозинская Т.А.
4-5 курс	
68 ч.,	д.фм.н. Сажин М.В.
4-5 курс	
32 ч.,	д.фм.н. Сажин М.В.
4-5 курс	
32 ч.,	к.фм.н. Сурдин В.Г.
5 курс	
32 ч.,	проф. Шевченко В.В. к.фм.н.
3-5 курс	Родионова Ж.Ф.
32 ч.,	к.фм.н. Миронов А.В.
3-5 курс	
32 ч.,	к.фм.н. Гусев А.В.
4-5 курс	
68 ч.,	д.фм.н. Бычков К.В.
4 курс	
36 ч.,	д.фм.н. Бычков К.В.
3-5 курс	
36 ч.,	к.фм.н. Конникова В.К.
4-5 курс	
32 ч.,	к.фм.н. Рудницкий Г.М.
4-5 курс	
	проф. Сомов Б.В. д.фм.н
	Бычков К.В.
36 ч.,	проф. Сомов Б.В.
36 ч., 3 курс	проф. Сомов Б.В.
	проф. Сомов Б.В. д.фм.н. Токовинин А.А.
	5 курс 32 ч., 5 курс 32 ч., 4-5курс 32 ч., 4-5 курс 36 ч., 4-5 курс 32 ч., 4-5 курс 32 ч., 4-5 курс 32 ч., 4-5 курс 32 ч., 5 курс 32 ч., 5 курс 32 ч., 5 курс 32 ч., 5 курс 32 ч., 3-5 курс 32 ч., 4-5 курс

«Астроспектроскопия»	32 ч.,	к.фм.н. Артамонов Б.П.
	3 курс	
«Фотоэлектрические приемники излу-	36 ч.,	к.фм.н. Корнилов В.Г.
чения и их применение»	4-5 курс	
«ПЗС-приемники и их применение»	36 ч.,	к.фм.н. Корнилов В.Г.
	4-5 курс	

СОТРУДНИКАМИ ДРУГИХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ЧИТАЛИСЬ

«Теория звездных пульсаций»	32 ч.,	д.фм.н. Фадеев Ю.А. (ИНА-
	5 курс	CAH)
«Переменные звезды»	36 ч.,	д.фм.н. Самусь Н.Н. (ИНА-
	4-5 курс	CAH)
«Активные ядра галактик и квазары»	36 ч.,	д.фм.н. Комберг Б.В. (АКЦ
	4-5 курс	ФИАН)
«Физика ранней Вселенной»	36 ч.,	д.фм.н. Лукаш В.А. (АКЦ
	4-5 курс	ФИАН)
«Рентгеновская оптика»	32 ч.,	проф. Виноградов А.В. (ФИ-
	4-5 курс	AH)
«Физические процессы в околозвездном	32 ч.,	д.фм.н. Лившиц М.А. (ИЗ-
пространстве»	3-5 курс	МИРАН)
«Космическая магнитная гидродинами-	36 ч.,	д.фм.н. Лившиц М.А. (ИЗ-
ка»	4-5 курс	МИРАН)
«Космические аппараты для астрон. ис-	32 ч.,	дтн Феоктистов К.П. (МГТУ)
следований»	4-5 курс	
«Молекулярная спектроскопия»	32 ч.,	д.фм.н. Юхневич Ю.В. (ФИ-
	4-5 курс	AH)
«Астросинергетика»	36 ч.,	доц. Розгачева И.К. (МПГУ)
	4-5 курс	

Итак, студентам кафедры предлагается более 40 спецкурсов по выбору, в соответствии со специализацией («Астрофизика» или «Звездная астрономия») или тематикой их научной работы. Часть курсов (около 10) читается также студентам кафедры экспериментальной астрономии, 3 курса — студентам кафедры небесной механики, астрометрии и гравиметрии. Сотрудники ГАИШ и других астрономических учреждений ведут педагогическую работу НА ОБЩЕСТВЕННЫХ НАЧАЛАХ.

Все курсы лекций являются АВТОРСКИМИ. Содержание и программы курсов регулярно обновляются с учетом новых данных в соответствующих областях исследования и утверждаются Методической комиссией астрономического отделения. Аннотации основных курсов можно найти в сети Интернет на сайте физического факультета МГУ по адресу: http://educom.phys.msu.su/SpecCourse/

Примерно третья часть спецкурсов по выбору обеспечена монографиями или учебными пособиями, доступными в библиотеках ГАИШ и физического факультета. В остальных случаях для самостоятельной работы студентов используются рукописи конспектов лекций.

Ряд специальных курсов 4-5 курсов посещается студентами других кафедр физического факультета (теоретической физики, оптики, космических лучей, общей ядерной физики и др.).

Специальный практикум

проводится на кафедре на 3-5 курсах

3 курс - 32 часа,

4 курс - 204 часа,

5 курс - 108 часов.

Практикум на 3 курсе по сути дела является вводным и знакомит студентов с основами астрофизики, основными методами астрономических измерений и иллюстрирует важнейшие понятия астрономии (спектральный анализ, оптические и спектральные приборы, звездные величины, спектральные классы звезд, приемники излучения, их чувствительность и квантовый выход и т.д.).

На 4 курсе студенты знакомятся, в первую очередь, с современными методами обработки данных, в том числе спектральных и фотометрических. Многие задачи, особенно по специализации «Звездная астрономия», направлены на закрепление учебного материала, прослушанного в соответствующих лекционных курсах, и опираются на современные статистические методы обработки наблюдательного материала. Выполнение задач предусматривает широкое использование компьютерной техники, самостоятельное написание или использование готовых специализированных программ профессионального уровня, знакомство с широко распространенными интегрированными пакетами (такими как MatLab, IDL, Maple, Statistica, SPSS). Практикум на 5 курсе предлагает решение определенных астрофизических задач с элементами творческого подхода (выбор методики счета, ключевых параметров, самостоятельное изучение теории и т.д.). Учебный план кафедры предусматривает выполнение каждым студентом задач практикума как по астрофизике, так и по звездной астрономии.

Все задачи обеспечены методическими описаниями и разработками, которые были частично или полностью модернизированы за истекшие пять лет. Приводим список задач астрофизического практикума, принципиально модернизированных за 5 лет или новых:

Специализация «Астрофизика».

- 1. Построение кривой вращения галактики и оценка ее массы.
- 2. Измерение скорости газа в туманности: обработка данных, полученных с эталоном Фабри-Перо.
- 3. Исследование дифракционного спектрографа с ПЗС-линейкой.
- 4. Исследование дифракционного спектрографа с ПЗС-матрицей.
- 5. Сценарий эволюции звезд в тесных двойных системах.
- 6. Физические параметры газа в ядре сейфертовской галактики.
- 7. Обработка изображения и поверхностная фотометрия галактики.
- 8. Расчет эволюции звезды.

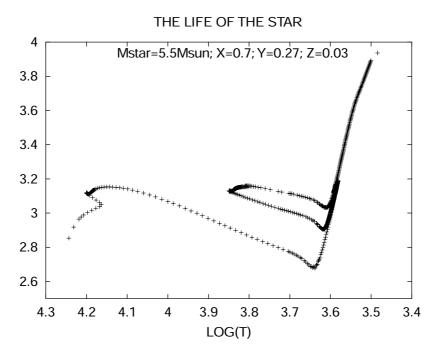
Специализация «Звездная астрономия».

- 1. Открытие и исследование переменных звезд.
- 2. Определение физических параметров рассеянных звездных скоплений.
- 3. Определение относительных собственных движений звезд и их абсолютизация.
- 4. Выделение членов рассеянных звездных скоплений.
- 5. Определение радиусов пульсирующих звезд (цефеид) методом Бааде-Весселинка.
- 6. Определение параметров орбит двойных цефеид и оценка масс их спутников.
- 7. Определение кривой вращения Галактики и кинематических параметров выборки звезд методом максимального правдоподобия.

8. Использование метода статистических параллаксов для уточнения светимостей звезд.

Целый ряд задач специального астрономического практикума носит исследовательский характер, а их результаты могут иметь научную ценность. Так, например, при выполнении задачи «Открытие и исследование переменных звезд» студенту часто действительно удается обнаружить новую переменную звезду; после этого возможна подготовка научной публикации.

Одна из наиболее сложных и интересных задач — «Расчет эволюции звезды». Используя пакет программ STEV (Stellar Evolution) студенты выполняют ряд задач по внутреннему строению звезд и звездной эволюции. Изначально программа STEV создана сотрудниками Ленинградского университета для машин класса «Мир», и в последствии она частично переделана сотрудниками ГАИШ и адаптирована к использованию на персональных компьютерах. Программа реализует алгоритм расчета эволюционных моделей звезд на основе разработок известного астрофизика Б.Пачинского и является научно корректной, так что может использоваться для решения не только учебных, но и научных задач. Ее выполнение позволяет закрепить знания, полученные студентом в курсе «Общая астрофизика», и понимание проблем внутреннего строения звезд. Важными характеристиками работы являются скорость расчетов и невысокие



требования к памяти и дисковому пространству. Примеры заданий, решаемых студентами при выполнении этой задачи практикума:

- A) Расчет модели химически однородной звезды в начале главной последовательности ZAMS (Zero Age Main Sequence) и сравнение полученных характеристик звезды с опубликованными данными.
- Б) Определение времени жизни и физических характеристик звезд главной последовательности
- В) Расчет эволюционных треков звезд разных масс и разного химического состава.
- Г) Вычисление эволюционной модели современного Солнца.
- Д) Определение возраста шарового скопления.

На рисунке приведен пример эволюционного трека звезды с массой, в 5.5 раз превышающей массу Солнца, рассчитанного при помощи программы Stellar Evolution.

Организация летних и учебных практик.

Помимо участия в организации и проведении учебной практики по общей астрономии на студенческой обсерватории ГАИШ МГУ (летом после 1 курса), кафедра, в соответствии с учебным планом астрономического отделения, организует выездную летнюю учебную практику студентов по специализации (после 6 семестра, продолжительностью 4 недели, 180 часов), а в 10 семестре 5 курса — производственную практику (продолжительностью 19 недель, 532 часа) и преддипломную практику после 10 семестра. Летом после 3 курса студенты кафедры выезжают в одну из следующих обсерваторий:

- 1. Крымская лаборатория ГАИШ МГУ (Украина, Крым, пос. Научный).
- 2. Крымская астрофизическая обсерватория (КРАО) НАН Украины (Крым, пос. Научный).
- 3. Специальная астрофизическая обсерватория РАН (КЧР, пос. Буково).
- 4. Радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН (Московская обл., г. Пущино).
- 5. Симеизская обсерватория КРАО НАН Украины (Украина, Крым, пос. Симеиз).

Основной базой, используемой кафедрой астрофизики, традиционно является Крымская лаборатория ГАИШ МГУ. Она оснащена 4 телескопами с диаметром зеркал от 50 см до 125 см и 40-см рефрактором, разнообразной приемной аппаратурой. В лаборатории ведутся основные наблюдательные работы ГАИШ МГУ. Учебной практикой студентов руководят в том числе и сотрудники лаборатории. За последние 5 лет в Крымской лаборатории введено в строй новое благоустроенное студенческое общежитие.

На студенческой обсерватории ГАИШ МГУ, расположенной на Ленинских горах в основном здании ГАИШ МГУ, студентам доступны небольшие инструменты, предназначенные для практических работ студентов. В последние годы студенты 1 курса ежегодно проводят на них учебные наблюдения под руководством старшекурсников, аспирантов и сотрудников ГАИШ и кафедры. Введен в строй фотоэлектрический фотометр, разрабатывается методика наблюдений с ПЗС-матрицей.

Цель проведения практик — знакомство студентов с методами астрономических наблюдений и астрономической аппаратурой, проведение самостоятельных наблюдений на телескопах, участие в обработке получаемого материала, научная работа. Нередко материал, полученный студентом, ложится в основу курсовой или дипломной работы.

В ряде случаев в соответствии с индивидуальными планами студенты направляются в другие научные учреждения астрономического профиля или экспедиции. Так, в августе 1999 г. в качестве учебной летней практики для ряда студентов была организована научная экспедиция в Турцию для наблюдения полного солнечного затмения 11 августа. Учебным планом кафедры предусмотрены индивидуальные или коллективные отчеты студентов на кафедре по итогам практик.

Помимо учебных практик, в рамках Федеральной программы «Интеграция», начиная с 1998г. 20-25 студентов 1-4 курсов выезжают для выполнения практических учебных работ в САО РАН, где расположены крупнейшие астрономические инструменты Европы: оптический 6-метровый телескоп БТА и 600-метровый радиотелескоп РАТАН-600. Эта обсерватория обладает первоклассным оборудованием, в ее работе используются новейшие методы исследований и обработки данных, что дает возможность студентам в полной мере познакомиться с современным уровнем астрономических исследований. Организацией выездов и практическими работами руководят сотрудники кафедры, ГАИШ МГУ и САО РАН. Разработаны (и разрабатываются) специальные учебные задания и методические руководства к их выполнению. Подготовка к выполнению заданий начинается заблаговременно и ведется еще в Москве.

Наблюдательные базы ГАИШ МГУ.

Основной базой, используемой кафедрой астрофизики, традиционно является Крымская лаборатория ГАИШ МГУ (пос. Научный, Крым, Украина). За последние 5 лет в Крымской лаборатории введено в строй студенческое общежитие. На студенческой обсерватории ГАИШ МГУ за отчетный период студенты 1 курса ежегодно проводили учебные наблюдения под руководством старшекурсников и аспирантов. Введен в строй фотоэлектрический фотометр.

Студенческая обсерватория ГАИШ МГУ.

По инициативе доцента кафедры Э.В.Кононовича и при поддержке руководства Астрономического Отделения и дирекции ГАИШ, все среднего размера инструменты объединены в Студенческую Обсерваторию. Первым ее директором был выпускник ГАИШ А.Мартысь, в настоящее время — физик кафедры С.В.Жуйко. Выполнение ряда заданий является обязательным дополнением к Курсу общей астрономии, контролируемым зачетом. Общее руководство обсерваторией проводит доц. Э.В.Кононович.

При организации Студенческой обсерватории ГАИШ была поставлена задача — создать новую учебную лабораторию с собственной инструментальной базой — обсерваторией для экспериментальных работ студентов. С 1995 г. в ГАИШ начались регулярные практические занятия в течение семестра, на которых учащиеся осваивают технику, приобретают навыки наблюдательной работы и накапливают материал для своих курсовых и дипломных работ.

Программа студенческой практики, начинающаяся на I курсе, предусматривает ознакомление со всеми телескопами обсерватории, а также детальное освоение и работу на 200-мм рефракторе-астрографе и 250-мм фотографической камере Максутова. Для этой цели заведующим обсерваторией С.В. Жуйко были составлены подробные инструкции для работы и описания экспериментальных задач в рамках «Курса общей астрономии» и «Курса практической астрофизики». На основе этого студентам I курса читается факультативно дополнительные лекции по «Методам астрономических наблюдений».

Ежегодно по окончании I курса на инструментальной базе Студенческой обсерватории ГАИШ в течение 20 дней проводится летняя астрономическая практика, где студенты выполняют зачетные экспериментальные задачи.

В 1999 г. было составлено учебно-методическое пособие «Практикум по общей астрономии», автор — С.В. Жуйко, под редакцией Э.В. Кононовича, помогающий учащимся быстрее и эффективнее приобретать навыки практических наблюдений. Пособие содержит очерк истории телескопостроения, теоретическую часть по оптике, описание экспериментальных задач и технические данные телескопов Студенческой обсерватории.

Участие кафедры в программе «Интеграция»

С 1998 года кафедра участвует в двух проектах Федеральной целевой программы "Интеграция".

Проект І. Радиоастрономический учебно-научный центр (РУНЦ).

Головной организацией проекта является физический факультет МГУ. В рамках этого проекта: а) разработан и читается курс практической радиоастрономии (с.н.с. Конникова В.К.) для студентов кафедры астрофизики и звездной астрономии и кафедры экспериментальной астрономии; б) проводится семинар по компьютерному доступу к основным базам радиоастрономических данных через Интернет; в) читается теоретический курс "Радиоастрономия" (с.н.с. Рудницкий Г.М.).

В рамках проекта РУНЦ ряд студентов- астрофизиков работает над курсовыми и дипломными проектами по радиоастрономии в Астрокосмическом центре Физического института РАН (АКЦ ФИАН), а летом проходит практику по радиоастрономии в Пущинской радиообсерватории АКЦ ФИАН под Москвой и на радиотелескопе РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории РАН. Студенты регулярно принимают участие в сеансах наблюдений на радиотелескопах по научным программам ГАИШ МГУ.

Проект II. "Наземная астрономия".

Программа объединяет усилия пяти крупнейших университетов России, обучающих по астрономическим специальностям, и Специальной астрофизической обсерватории РАН (САО РАН) (Карачаево-Черкессия), в которой находятся два самых крупных в России (и Европе) инструмента - рефлектор БТА с диаметром объектива 6м и радиотелескоп РАТАН-600 с антенной диаметром 600 м. Головной организацией является САО РАН.

В соответствие с этой программой, направленной в первую очередь на подготовку студентов и аспирантов в области астрофизического эксперимента, совместными усилиями САО РАН, ГАИШ МГУ и кафедры астрофизики и звездной астрономии, организована студенческая практика двух уровней на базе САО РАН. Первый уровень - учебно-ознакомительная практика, включающая выполнение лабораторных задач на базе научных лабораторий САО РАН, проведение учебных занятий (лекций) силами научных сотрудников обсерватории, а также участие в наблюдениях на различных телескопах обсерватории. Второй уровень- индивидуальная программа работы со студентами, предусматривающая их участие в работе лабораторий САО РАН в рамках научных программ Обсерватории.

Студенты 1 - 4 курсов выезжают на практику в САО РАН по 15-20 человек ежегодно в июне - июле и в январе (зимние каникулы). Сотрудники кафедры и ГАИШа принимают прямое участие в разработке программ практики, содержания учебных задач, организации поездок студентов и их работы на местах. Программы лекционных и семинарских занятий по астрофизике, проводящихся в МГУ, согласованы с программами практических работ студентов в САО РАН.

В рамках проектов "Интеграция" написано и издано учебное пособие

В.И.Конниковой по курсу лекций "Практическая радиоастрономия". На стадии подготовки находятся еще два учебных пособия.

Лабораторные задачи по практической астрофизике, разработанные по программе "Интеграция – Наземная астрономия", и выполняемые студентами в САО РАН (на август 1999 г.):

- 1. Определение характеристик радиоизлучения остатков сверхновых звезд.
- 2. Поиск ошибок положения телескопа "Цейсс-600".
- 3. Поиск переменности у объектов поля.
- 4. Внегалактические радиоисточники: радиоспектры и переменность.
- 5. Спектроскопические исследования Сверхгигантов.
- 6. Поиск кандидатов в радиогалактики с большим красным смещением.
- 7. Поиск и анализ быстропеременных сигналов с помощью моделирования пуассоновских потоков.
- 8. Методы исследования химически пекулярных звезд.

4. Подготовка специалистов

ВЫПУСК СТУДЕНТОВ

Год	Число выпускников
1995	16
1996	12
1997	15
1998	10
1999	12

Курсовые и дипломные работы студентов кафедры выполнялись под руководством преподавателей кафедры, сотрудников ГАИШ и других астрономических учреждений Москвы: ИНАСАН, АКЦ ФИАН, ИКИ РАН, а также обсерваторий. По итогам защит большинство работ отмечается отличными и хорошими оценками. При выполнении работ студенты активно используют вычислительную технику (дисплейный класс ГАИШ и вычислительные средства отделов), численные методы, современные алгоритмы обработки и визуализации данных.

Основной базой научной работы студентов является ГАИШ МГУ в лице многих отделов, ведущих научно-исследовательскую работу в области астрофизики, и тесно связанных с тематикой научно-исследовательских работ кафедры. Среди них большую активность в подготовке студентов проявляют следующие отделы и лаборатории:

- релятивистской астрофизики (зав. отд. д.ф.-м.н. Н.И. Шакура);
- звездной астрофизики (зав. отд. член-корр. РАН А.М. Черепащук);
- физики Солнца (зав. отд. д.ф.-м.н. Б.В. Сомов);
- физики Луны и планет (зав. отд. д.ф.-м.н. В.В. Шевченко);
- радиоастрономии (зав. отд. к.ф.-м.н. В.Ф. Есипов);
- изучения Галактики и переменных звезд (зав. отд. д.ф.-м.н. Ю.Н. Ефремов, с 2000 г. проф. А.С. Расторгуев);
 - физики эмиссионных звезд и галактик (зав. отд. д.ф.-м.н. Ю.П. Псковский);
 - Краснопресненская лаборатория (зав. лаб. доцент Э.В. Кононович);
 - лаборатория новых методов фотометрии (зав. лаб. к.ф.-м.н. В.Г. Корнилов);
 - Майданакской обсерватории (зав. лаб. к.ф.-м.н. Б.П. Артамонов);
 - Крымской лаборатории (зав. лаб. к.ф.-м.н. Е.А. Колотилов).

Приводимая ниже таблица показывает, что научная работа студентов кафедры связана с ведущими астрономическими учреждениями Москвы.

МЕСТА ВЫПОЛНЕНИЯ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ

	1995	1996	1997	1998	1999
Физический факультет МГУ	3	4	3	1	2
ГАИШ МГУ	8	4	8	5	6
Астрокосмический центр ФИАН	4		2	4	4
Институт астрономии РАН		4	2		
Институт прикладной математики	1				

Дипломные работы защищаются на заседаниях ГАК AO в январе (как правило, проводятся 2-3 заседания). Председателем ГАК в отчетный период приказом Ректора МГУ

утверждался В.Г.Курт, доктор физ.-мат. наук, профессор, зам. директора АКЦ ФИАН. Членами ГАК являются штатные преподаватели астрономического отделения.

По итогам защит ежегодно одна лучшая работа рекомендуется на конкурс научных студенческих работ им. Р.В.Хохлова. Высокий уровень дипломных работ студентов кафедры подтверждается тем фактом, что большинство представленных кафедрой работ награждаются 1 или 2 премиями. С января 1996 г. по январь 2000 г. премиями награждены выпускники Шатский Н.И., Ковалев Ю.Ю., Барков М.А. Одновременно с конкурсом им. Р.В.Хохлова ГАИШ с 1990 г. проводит конкурс лучших дипломных работ им. Д.Я.Мартынова. За отчетный период премией им. Д.Я.Мартынова были награждены студенты кафедры астрофизики Попова А.А., Бурлак А.Н., Липунова Г.В., Воронков М.А., Черников П.А. и студентка кафедры небесной механики, астрометрии и гравиметрии Н.В.Кораблина, выполнившая дипломную работу на кафедре астрофизики и звездной астрономии.

Статистика трудоустройства показывает, что большинство студентов-выпускников находят себе применение в астрономических учреждениях, включая ГАИШ и АО. Заметная доля выпускников рекомендуется для поступления во внутреннюю аспирантуру физического факультета и внешнюю аспирантуру академических НИИ астрофизического профиля. Этот факт подтверждает правильность ориентации учебного процесса кафедры на воспитание специалистов-астрономов современного уровня, имеющих широкий профиль знаний.

1995 1996 1997 1998 1999 Аспирантура (физический факультет, мехмат, АКЦ ФИАН, Институт астрономии 10 8 6 11 РАН, МГПИ, ИФА РАН, университет в США) ГАИШ МГУ 1 2 2 Институт астрономии РАН Астрономический ин-т АН Украины Астрокосмический центр ФИАН 1 Османский ун-т (г.Хайдарабад): студентка 1 из Индии Мексика НИИ (г.Зеленоград) 1 Коммерческие фирмы 4 4 1 2 1 Телевидение Домохозяйка

СТАТИСТИКА ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКОВ

Полученные при выполнении курсовых и дипломных работ результаты часто становятся основой научных статей, подготовленных студентами или в соавторстве со студентами. За 5 лет было подготовлено более 40 таких статей.

За высокие достижения в учебе и научной работе более 30 студентов кафедры и 10 аспирантов стали лауреатами Соросовского конкурса. 12 студентов 4-6 курсов стали именными стипендиатами физического факультета.

5. Научная работа

Тематика научной работы преподавателей и научных сотрудников кафедры астрофизики тесно связана со следующими базовыми отделами ГАИШ МГУ:

- релятивистской астрофизики (зав. отд. – д.ф.-м.н. Н.И.Шакура);

- звездной астрофизики (зав. отд. член-корр. РАН А.М. Черепащук);
- физики Солнца (зав. отд. д.ф.-м.н. Б.В.Сомов);
- радиоастрономии (зав. отд. к.ф.-м.н. В.Ф.Есипов);
- изучения Галактики и переменных звезд (зав. отд. д.ф.-м.н. Ю.Н.Ефремов);
- физики эмиссионных звезд и галактик (зав. отд. д.ф.-м.н. Ю.П.Псковский).

Перечислим основные научные результаты, полученные на кафедре за последние годы.

Направления научных исследований

Релятивистская астрофизика

Школа релятивистской астрофизики была основана в ГАИШ МГУ академиком Я.Б.Зельдовичем с началом его работы в МГУ. В середине 60-х годов он начал регулярное чтение лекций по внутреннему строению звезд и космологии, был одним из организаторов крупнейшего общемосковского астрофизического семинара, известного во всем мире. В начале 80-х годов под его руководством был образован отдел релятивистской астрофизики ГАИШ. В настоящее время в отделе релятивистской астрофизики и на кафедре астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ продолжаются и развиваются научные направления по теоретической астрофизике и космологии, заложенные акад. Я.Б.Зельдовичем.

Основные научные результаты, полученные за последние 5 лет:

- развита теория дисковой аккреции, которая в настоящее время широко используется в мировой науке при интерпретации данных астрономических наблюдений двойных рентгеновских и других двойных систем с переносом массы на компактные объекты (черные дыры, нейтронные звезды, белые карлики), а также активных ядер галактик и квазаров.
- создана уникальная программа популяционного синтеза эволюции двойных звезд разных масс в Галактике с учетом эволюции компактных звезд. С помощью этой программы предсказаны частоты слияний релятивистских двойных систем из-за гравитационного излучения в Галактике и во Вселенной, объяснены многие наблюдательные проявления одиночных и двойных нейтронных звезд.
- при участии сотрудников отдела релятивистской астрофизики была открыта крупномасштабная анизотропия реликтового излучения (в эксперименте "Реликт"), построена теория генерации гравитационных волн в ранней Вселенной и предложена интерпретация наблюдений анизотропии реликтового излучения.
- разработана теория слабого микролинзирования в приложении к высокоточным позиционным наблюдениям в астрономии.
- 1. Теория аккреционных дисков вокруг компактных релятивистских звезд в двойных системах была разработана в ГАИШе и на кафедре астрофизики более 25 лет назад и получила блестящее наблюдательное подтверждение. Развитие теории идет как по направлению исследования стационарных аккреционных потоков с учетом дополнительных физических эффектов (конвекция, адвекция и т.д.), так и по направлению изучения нестационарных решений. Именно последние чаще всего встречаются в реальных астрофизических ситуациях и активно изучаются в широком спектральном диапазоне (катаклизмические переменные, рентгеновские новые, ядра активных галактик). Получены новые аналитические решения уравнений газовой динамики, которые описывают временную эволюцию нестационарных аккреционных дисков в двойных звездных систем с компактными объектами. Рассмотрены две модели дисков: стандартный геометрически тонкий диск (при двух режимах непрозрачности), и геометрически толстый адвекционно-доминированный диск. В первом случае получены степенные во времени решения для темпа аккреции, а для второго экспоненциальные во времени законы. Для стан-

дартного диска рассчитаны болометрическая кривая блеска, учитывающая смену режимов непрозрачности в ходе эволюции диска.

Полученные решения дают асимптотические законы, описывающие изменения физических характеристик дисков в двойных системах на после-вспышечной стадии, например в рентгеновских новых и катаклизмических переменных.

- 2. Изучены различные астрофизические источники гравитационных волн, среди которых наиболее перспективными с точки зрения планирующихся гравитационноволновых экспериментов являются компактные двойные нейтронные звезды и черные дыры. Методами популяционного синтеза исследовано образование и эволюция таких звезд в Галактике в рамках современных сценариев эволюции таких объектов. Исследована зависимость частоты слияния пар черных дыр от физических параметров их образования - массы звезды на главной последовательности, начиная с которой звезда в конце эволюции коллапсирует в черную дыру, и доли массы предсверхновой, которая попадает в черную дыру. Показано, что результаты расчетов числа слияния двойных черных дыр в Галактике сильнее всего зависят от предполагаемой анизотропной скорости, которую может приобрести компактный остаток в ходе коллапса. Если для нейтронных звезд существование такой скорости порядка 200-300 км/с является общепризнанным фактом, то для образующихся черных дыр такая скорость является чисто гипотетической, хотя и она не запрещена никакими физическими законами. Как показывают расчеты, добавление уже небольшой скорости порядка 20-50 км/с ведет к значительным последствиям, поскольку черные дыры образуются в достаточно широких системах, в которых орбитальные скорости невелики. При этом орбиты образующихся двойных становятся сильно эксцентричными и время слияния значительно сокращается из-за зависимости (1-е)4, а галактический темп слияния пар черных дыр соответственно возрастает. Рассчитанный темп регистрации таких событий на гравитационноволновых интерферометрах первого поколения с уровнем чувствительности 10-21 на частотах вблизи 100 Гц оказывается порядка 10-30 событий в год.
- 3. Неразрешенные по частотам источники астрофизические источники гравитационых волн формируют стохастический фон, наблюдаемый как дополнительный шум на детекторе. Этот фон накладывается на космологический фон гравитацинных волн. формирующийся на доинфляционных стадиях расширения. Исследовано влияние крупномасштабной структуры Вселенной на угловые флюктуации гравитационноволнового фона, создаваемого неразрешенными астрофизическими источниками в галактиках (двойные звезды, быстровращающиеся молодые нейтронные звезды). Решено уравнение Лимбера для флюктуаций гравитационно-волнового излучения от таких источников. Рассчитан специфический спектр угловых флюктуаций, связанный с пространственной структурой распределения барионного вещества во Вселенной с учетом последних наблюдательных данных об эволюции звездообразования на больших красных смещениях. Этот спектр является отличительным свойством астрофизического гравитационно-волнового фона, которое позволяет в принципе отделить его от космологического фона В диапазоне частот гравитационно-волновых детекторов LIGO/VIRGO и космического интерферометра LISA.
- 4. В модели слияния двойных нейтронных звезд и черных дыр как источников космических гамма-всплесков проведены расчеты эволюции темпа слияний в различных морфологических типах галактик, отличающихся историей темпа звездообразования. Наблюдения типов родительских галактик позволяют таким образом провести тестирование модели слияния как источника гамма-всплесков. Показано, что наблюдаемые нетепловые спектры гамма-всплесков могут быть суперпозицией множества тепловых спектров с разной температурой как результат интегрирования по времени наблюдения спектра от релятивистской расширяющейся оптически толстой оболочки, которая успе-

вает значительно остыть за конечное время наблюдения. Модель допускает большую долю барионов в релятивистском фаерболе, ответственном за появление гаммавсплеска, и свободна от требования оптически тонкой плазмы как источника наблюдаемых нетепловых спектров.

5. В последние годы открыт новый класс нейтронных звезд – одиночные нейтронные звезды, наблюдаемые по рентгеновскому излучению с поверхности. Для теоретического изучения их эволюции методом популяционного синтеза построено распределение одиночных нейтронных звезд в Галактике по типам для различных распределений начальных скоростей и для различного поведения магнитного поля нейтронных звезд. Из сравнения с наблюдениями получено ограничение на количество низкоскоростных нейтронных звезд. Малое количество наблюдаемых спутником РОСАТ кандидатов в одиночные аккрецирующие нейтронные звезды полностью объясняется начальным распределением скоростей нейтронных звезд; не требуя привлечения дополнительных гипотез. Возможное затухание магнитного поля для экспоненциальной модели с большим характерным временем несущественно изменяет результаты расчетов.

Физика и эволюция двойных звезд

Научная школа "Физика тесных двойных звездных систем" была создан профессором Д.Я. Мартыновым в 1960-1970 гг. В настоящее время ее руководителем является ученик Д.Я. Мартынова зав. кафедрой астрофизики и звездной астрономии членкорреспондент РАН А.М. Черепащук. Главная идея научных исследований этой школы - использование тесных двойных систем (ТДС) как мощного инструмента для определения фундаментальных звездных характеристик, недоступных при исследовании одиночных звезд. Свыше 50% из ста миллиардов звезд Галактики являются двойными и кратными, причем в состав ТДС входят самые различные звезды - от нормальных звезд солнечного типа до таких экстремальных объектов, как белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры. Изучение движения и взаимодействия звезд – компонентов ТДС дает уникальную возможность измерения масс, радиусов, температур и других важнейших характеристик звезд, определяющих их возраст и эволюционное состояние. Именно поэтому ТДС, являющиеся естественными лабораториями, в которых происходит движение и взаимодействие звезд разных типов, оказывают неоценимую услугу для теории внутреннего строения и эволюции одиночных и двойных звезд, релятивистской астрофизики и космологии. Достаточно сказать лишь, что благодаря исследованию ТДС в последнее время сильно укрепилась наша уверенность в существовании черных дыр во Вселенной (открыто уже 13 кандидатов в черные дыры в ТДС), а загадочные гаммы-всплески в последние годы связываются учеными с процессами слияния нейтронных звезд и черных дыр в двойных системах, принадлежащих другим галактикам, которые удалены от нас на космологические расстояния. Мощный импульс наука о тесных двойных системах получила в начале 70-х годов благодаря запуску специализированных рентгеновских спутников и открытию тысяч рентгеновских двойных систем, состоящих из оптической звезды и релятивистского объекта (нейтронной звезды или черной дыры), находящегося в режиме аккреции (выпадения) вещества, поставляемого нормальной звездой. Огромное выделение энергии при несферической аккреции вещества на черную дыру было предсказано в 1964 году советским физиком академиком Я.Б. Зельдовичем и американским астрофизиком Дж. Солпитером.

За истекший период сотрудниками кафедры получен *ряд фундаментальных результатов*, важнейшие из которых следующие:

1. В уникальном объекте SS 433 с релятивистскими (скорость истечения (80 000 км/с) коллимированными выбросами (джетами) из анализа 20-летних рядов фотометрических наблюдений открыт эффект нутации плоскости аккреционного диска вокруг

релятивистского объекта, вызванный орбитальным движением спутника - нормальной звезды. То, что джеты, перпендикулярные плоскости диска, почти синхронно отслеживают и прецессию и нутацию плоскости аккреционного диска, доказывает, что формирование релятивистских джетов связано не с активностью центрального релятивистского объекта, а с магнитогидродинамическими процессами во внутренних частях диска. Этот вывод важен также для выяснения природы релятивистских джетов, наблюдающихся во многих ядрах галактик и квазаров.

- 2. Получена первая оптическая орбитальная кривая блеска рентгеновской Новой V404 Лебедя, содержащей черную дыру с массой 10-15 солнечных масс (${\rm M}_{\odot}$) и определены параметры этой уникальной рентгеновской двойной системы. Построены оптические кривые блеска для рентгеновских новых XTE 1859+223 и XTE 2123-053. У второй из этих систем найдены глубокие затмения во время вспышки.
- 3. Впервые получена инфракрасная орбитальная кривая блеска рентгеновской двойной системы Лебедь X-1, содержащей черную дыру, и уточнена масса черной дыры.
- 4. Выполнены фотометрические и спектральные наблюдения нескольких десятков ТДС и выявлены новые закономерности в их переменности. В частности, исследованы квазипериодические осцилляции блеска ряда новоподобных и карликовых новых звезд (МV Лиры, РQ Андромеды, V795 Геркулеса и др.). Для Новой V723 Кассиопеи впервые найдена величина орбитального периода по оптическим наблюдениям, а также показана эволюция затменной кривой блеска по мере диссипации оболочки. Построены модели для новоподобных звезд V Стрелы и V592 Кассиопеи. Обнаружена вспышка оптического излучения в системе NY Змеи, впервые обнаружены квазипериодические осцилляции блеска с очень короткими периодами 1.6 сек и 5 сек в системе SS Лебедя, выявлен фотометрический период изменения блеска у поляра ВУ Жирафа, связанный с прецессией белого карлика с сильным магнитным полем, найден орбитальный период в 11 лет в блеске симбиотической двойной системы RT Змеи.
- 5. Предложен новый метод определения масс черных дыр в рентгеновских двойных системах по орбитальной переменности профилей линий поглощения. Этот метод дает возможность независимо определять массы черных дыр по наблюдениям, выполненным на телескопах нового поколения (Кэк, VLT и др.), что позволит проверить реальность недавно заподозренного провала в распределении масс нейтронных звезд и черных дыр в диапазоне масс $2-4\,\mathrm{M}_{\odot}$.
- 6. Развиты новые алгоритмы синтеза кривых блеска, профилей линий и кривых лучевых скоростей ТДС с эллиптическими орбитами, алгоритмы синтеза кривых блеска катаклизмических двойных систем, а также алгоритмы синтеза кривых блеска ТДС при микролинзировании темными телами гало Галактики. Алгоритмы синтеза учитывают приливную и вращательную деформацию звезд компонентов ТДС, эффекты взаимного прогрева звезд их излучением, а также эффекты потемнения к краю и гравитационного потемнения. При моделировании горячего пятна и аккреционного диска вокруг компактного объекта используется новая газодинамическая модель ударного взаимодействия газовой струи с общей оболочкой системы, развитая в работах группы академика А.А. Боярчка. Эти методы интерпретации не имеют аналогов в мире и позволяют получать из наблюдений наиболее полные и надежные сведения о ТДС разных типов.
- 7. Созданы новые высокоэффективные методы решения обратных некорректных задач на компактных множествах функций (множествах монотонных выпуклых, монотонно-вогнутых функций и т.п.). С помощью этих алгоритмов и пакетов компьютерных программ удалось из анализа атмосферных затмений в двойных системах вывести закон ускорения вещества у основания звездного ветра звезд Вольфа-Райе. Эти алгоритмы могут применяться также в других областях науки и техники.

- 8. Определены и уточнены массы черных дыр в ряде рентгеновских двойных систем (Лебедь X-1, V404 Лебедя, GU Мухи, A0620-00, LMC X-3).
- 9. Определены параметры двух ТДС с эллиптическими орбитами, содержащих массивные звезды ранних спектральных классов. Корректная интерпретация наблюдений таких ТДС с сильно эксцентрическими орбитами стала возможной лишь в последнее время после создания сотрудниками Школы адекватных алгоритмов синтеза кривых блеска и кривых лучевых скоростей.
- 10. Выполнена интерпретация шестицветных фотометрических кривых блеска уникальной ТДС RY Щита, выявлена эволюционная стадия этой массивной ТДС, показано, что система находится на стадии перехода в двойную систему с компонентом - звездой Вольфа-Райе.
- 11. Восстановлен закон ускорения вещества в звездном ветре звезды Вольфа-Райе в затменно-двойной системе V444 Лебедя. Показано, что ускорение ветра звезды Вольфа-Райе происходит относительно медленно. Это согласуется с представлением о том, что главная причина ускорения вещества в ветре давление излучения горячего и компактного "ядра" звезды Вольфа-Райе.
- 12. Выявлена эволюционная связь между звездами Вольфа-Райе и нейтронными звездами и черными дырами в ТДС. Показано, что потеря массы звездами Вольфа-Райе в виде звездного ветра не столь существенна для их эволюции, как предполагалось в прежних исследованиях ряда авторов. Это связано с тем, что, как показано в работах нашей Школы, звездный ветер звезд Вольфа-Райе имеет не непрерывную, а сильно неоднородную, облачную структуру.
- 13. Показано, что распределение по массам звезд Вольфа-Райе в конце их эволюции, также как и распределение масс углеродно-кислородных ядер звезд Вольфа-Райе является непрерывным, а не бимодальным, как это имеет место для релятивистских объектов. Средняя масса нейтронной звезды равна $1.35\pm0.15~{\rm M}_{\odot}$, а черной дыры $8\text{-}10~{\rm M}_{\odot}$. В интервале масс $2\text{-}4~{\rm M}_{\odot}$ не наблюдается ни нейтронных звезд, ни черных дыр. Поскольку звезды Вольфа-Райе являются прародителями релятивистских объектов в ТДС, и поскольку их массы распределены непрерывно от $5~{\rm M}_{\odot}$ до $55~{\rm M}_{\odot}$, сделан вывод о том, что масса ядра массивной звезды не является единственным параметром, определяющим природу образовавшегося релятивистского объекта (нейтронная звезда, черная дыра). По-видимому, для образования нейтронной звезды или черной дыры важны также такие параметры ядра массивной звезды, как его вращение и магнитное поле.
- 14. В рамках развитой в нашей Школе концепции столкновения сверхзвуковых звездных ветров в массивных ТДС, выполнен расчет рентгеновских спектров, светимостей и кривых блеска для ряда ТДС с компонентами звездами Вольфа-Райе и для объекта SS 433. Рентгеновское излучение в этих системах формируется в горячей плазме, возникающей за фронтами ударных волн, образующихся при столкновении сверхзвуковых звездных ветров компонентов. В наших расчетах в рамках двумерной модели наиболее полно проведен учет всех физических процессов, сопровождающих формирование горячей плазмы: обмен энергиями ионов и электронов, высвечивание и охлаждение плазмы, электронная теплопроводность и прогрев плазмы в набегающем потоке жесткими квантами, формирующимися за фронтом ударной волны. Результаты этих расчетов важны для корректной физической интерпретации рентгеновских наблюдений массивных ТДС, которые будут получены с бортов недавно запущенных обсерваторий СНАNDRA и XMM.
- 15. Показано, что примерно в половине случаев наблюдаемых кривых гравитационного микролинзирования, полученных в эксперименте OGLE, в роли гравитационных линз, усиливающих видимый блеск звезд балджа (центрального сгущения) Галактики, выступают нормальные маломассивные звезды красные карлики. Часть кривых блеска

при микролинзировании в эксперименте OGLE, имеющих необычную форму, может быть объяснена в модели, когда звезда балджа Галактики является тесной двойной системой, а не одиночной звездой. Из анализа кривой гравитационного микролинзирования уникального события MACHO Alert 95-30 (когда гравитационная линза прошла по диску звезды фона) на компактном множестве монотонных неотрицательных функций восстановлено распределение яркости по диску звезды - красного гиганта, которое согласуется с теоретическими расчетами моделей звездных атмосфер.

16. Впервые в мире создан Каталог тесных двойных звезд на поздних стадиях эволюции, содержащий сведения о ~700 объектах. Каталог, опубликованный в международном издательстве «Gordon and Breach», получил высокую оценку международной астрономической общественности и, по признанию специалистов, весьма полезен как при теоретических, так и при наблюдательных исследованиях ТДС разных типов. Каталог постоянно дополняется новейшими данными наблюдений и результатами их интерпретации.

17. Всесторонне исследована переменность рентгеновской двойная системы Her X-1. Несмотря на многолетние всеволновые исследования, остается противоречивой природа ее 35-дневной переменности и происхождение тонких деталей рентгеновской кривой блеска - т.н. узких рентгеновских провалов (дипов). Для решения этих задач проводится всестороннее изучение рентгеновских и оптических данных наблюдений Her X-1/HZ Нег. Впервые показано, что сильное рентгеновское облучение атмосферы оптической звезды HZ Her в двойной рентгеновской системе Her X-1/HZ Her, асимметричное из-за частичного затенения изогнутым наклонным аккреционным диском вокруг нейтронной звезды, приводит к формированию струй вещества, выходящих из орбитальной плоскости. Эти струи пересекают луч зрения перед столкновением с внешними частями аккреционного диска. Предложена модель, согласно которой поглощение рентгеновского излучения в таких потоках приводит к формированию предзатменных рентгеновских дипов и аномальных дипов первого типа. Эти дипы наблюдаются в течение нескольких орбитальных оборотов (до 7) после включения рентгеновского источника как в главном, так и во вторичном высоких состояниях этого источника, Почти синхронное действие приливных моментов сил и динамического напора струй вызывает нутацию внешних частей диска на удвоенной орбитальной частоте, которая проявляется в виде дополнительной экранировки рентгеновского источника на первом орбитальном обороте после включения. Этот механизм предлагается для объяснения аномальных рентгеновских дипов второго типа и послезатменных задержек восстановления уровня рентгеновского излучения.

На основе анализа оптических и рентгеновских данных рентгеновской двойной системы Her X-1/HZ Her исследованы геометрические свойства аккреционного диска вокруг нейтронной звезды в этой двойной системе.

Показано, что наиболее адекватно всем имеющимся данным соответствует модель скрученного изогнутого аккреционного диска с отличающимися наклонами внутренних и внешних частей, прецессирующего под действием приливных сил и динамического влияния газовых потоков вещества, перетекающего с оптической компоненты.

Предложена новая модель для объяснения изредка наблюдаемых аномально низких состояний Her X-1, которые могут длиться около года (последнее такое состояние началось в марте 1999 г. и продолжается до сих пор). В этой модели аномально низкое состояние обусловлено уменьшением наклона внешних частей аккреционного диска. Проведено сравнение модели с новейшими данными наблюдений со спутника RXTE.

18. Впервые в мире разработана и реализована в виде компьютерных программ методика расчета эволюции двойных звезд методом популяционного синтеза ("Машина Сценариев"). С ее помощью получен ряд результатов мирового уровня. Программа по-

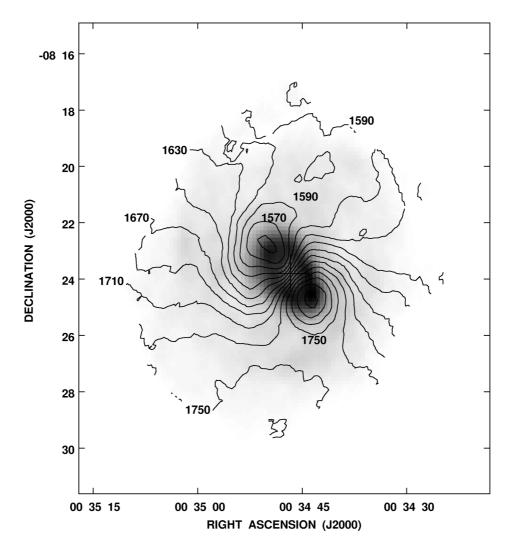
стоянно модифицируется и в настоящее время создана версия для расчета эволюции тройных звезд. Программа доступна для пользователей через Интернет. На ее основе сделана задача Астрофизического практикума для студентов 4 курса.

19. Рентгеновские новые, в состав которых входит черная дыра в несколько масс Солнца и заполняющий полость Роша маломассивный красный карлик, представляют собой класс тесных двойных систем, эволюционное происхождение которых не является окончательно установленным. Для анализа их происхождения и эволюции модифицирована программа "Машина Сценариев", моделирующая эволюцию двойных звезд методом популяционного синтеза, на случай иерархических тройных систем. С помощью модифицированной программы исследовался сценарий образования рентгеновских новых - кандидатов в черные дыры. Использовался эволюционный сценарий, согласно которому изначальная тройная система состоит из тесной массивной двойной и удаленного маломассивного компонента. В процессе эволюции тесная двойная последовательно проходит стадии рентгеновкой двойной, общей оболочки и заканчивает свою эволюцию стадией объекта Торна-Житковой. Расширяющаяся оболочка может достигнуть удаленного маломассивного компонента и привести к значительному уменьшению большой полуоси его орбиты. Таким образом из тройной системы может образоваться двойная, состоящая из черной дыры и маломассивной звезды-карлика главной последовательности. Потери орбитальной энергии за счет гравитационного излучения приводят в дальнейшем к заполнению маломассивным компонентом полости Роша. Такие двойные звезды наблюдаются как рентгеновские новые. Показано, что в рамках данного сценария естественным путем образуются только маломассивные рентгеновские новые. Другие системы из-за динамической неустойчивости тройных звезд не могут достичь такой эволюционной стадии. Произведена оценка рентгеновских новых в Галактике в зависимости от параметров сценария эволюции тройных звезд и сделано сравнение с эволюционными расчетами для двойных звезд с большим начальным отношением масс.

20. За последние годы открыты десятки двойных Ве-звезд в паре с нейтронными звездами и изучен их эволюционный статус. Большой интерес также представляют Везвезды на орбите вокруг черных дыр и белых карликов, которые пока мало изучены. Методом популяционного синтеза проведены статистические расчеты вероятности обнаружения черной дыры в двойной системе в паре с Ве-звездой на эксцентрической орбите. Получены распределения числа подобных систем по орбитальным периодам и эксцентриситетам с учетом различных величин дополнительного импульса, получаемого компактным объектом при его рождении в результате несимметричного взрыва Сверхновой. Проведен популяционный синтез двойных систем с Ве-звездами и белыми карликами, получены численные распределения числа таких систем, как по орбитальным периодам, так и по их физическим характеристикам, в частности получено распределение числа систем по температурам поверхности вырожденного компаньона.

Физика галактик

Развитие внегалактических исследований на Астрономическом отделении связано с именем одного из основателей внегалактической астрономии как научного направления – профессора Б.А.Воронцова-Вельяминова (1904-1994), работы которого продолжили его ученики и коллеги (на кафедре астрофизики и звездной астрономии – проф. Э.А.Дибай и проф. А.В.Засов). В настоящее время работы по исследованию галактик на кафедре проводятся под руководством проф. А.В.Засова – в сотрудничестве с научными отделами ГАИШ МГУ и рядом других научных центров страны, и в первую очередь с Институтом Астрономии РАН (ИНАСАН) (Москва) и Специальной Астрофизической обсерваторией РАН (САО РАН) (Карачаево-Черкессия).



Линии равных лучевых скоростей, наложенные на изображение галактики NGC 157 в радиолинии нейтрального водорода. Оптические границы галактики примерно совпадают с границами водородного кольца в центре карты.

Основными направлениями исследований, проводившихся за период 1995-1999 гг., являются следующие:

- изучение звездообразования в галактиках и факторов, определяющих его интенсивность;
- кинематические и фотометрические исследования регулярных структур в галактиках (спиральные ветви, бары, вереницы), их наблюдаемых свойств и возможных механизмов образования;
- исследование вращения газа в дисковых (спиральных, неправильных) галактик и некруговых движений газа.
- выявление структурных составляющих галактик по фотометрическим и спектральным данным; оценка массы звездных компонент галактик и темного гало;
- составление регулярно обновляемого каталога кинематических данных для галактик (по литературным источникам), доступного для общего пользования через Интернет.

Оригинальный наблюдательный материал, используемый в исследованиях, был получен в рамках выполнения совместных программ:

- на крупнейшем в Европе 6м рефлектора БТА (CAO PAH) (фотометрия с длинной щелью, получение полей скоростей с интерферометром Фабри-Перо);
- на радиоинтерферометре VLA (США) (наблюдения нейтрального водорода в линии 21 см);
- на 1м рефлекторах САО РАН и Майданакской обсерватории (Узбекистан) (многоцветная поверхностная фотометрия галактик),
- на радиоинтерферометре БСА (частота 102 МГц) (АКЦ ФИАН) (радиоизлучение активных галактик).

За рассматриваемый период был получен ряд важных *научных результатов*, в том числе и результатов фундаментального характера.

- Впервые получены наблюдательные данные по кинематике газа и фотометрии десятков галактик. Показано, что немонотонное изменение скоростей вращения с расстоянием от центра галактики является для массивных галактик скорее правилом, чем исключением. Для спиральной галактики NGC 157 удалось проследить кривую вращения на всем протяжении от центра до рекордно большого расстояния в нескольких оптических радиусов, и обнаружить резкий спад скорости вращения на оптическом радиусе, свидетельствующий о практически полном отсутствии темного гало в пределах оптических границ. В другой галактике NGC 6181 было найдено уникальное образование расширяющееся газовое кольцо размером более 1 килопарсека. Оценены скорость вращения и содержание тяжелых элементов в межзвездном газе у ряда слабых карликовых галактик. Судя по пониженному содержанию кислорода (вплоть до 1/20 от "нормального", т.е. солнечного содержания), некоторые из этих галактик находятся на начальной стадии своей эволюции.
- Радио наблюдения галактик с мощными вспышками звездообразования в околоядерной области (ультрасветимостные инфракрасные галактики) впервые позволили по форме радиоспектра обнаружить эффект поглощения радиоволн тепловой плазмой и оценить концентрацию свободных электронов в областях, охваченных звездообразованием.
- По спектральным и интерферометрическим измерениям лучевых скоростей газа, проведенным в эмиссионных линиях водорода и ионизованного азота, были обнаружены динамически обособленные быстро вращающиеся газовые диски в ядерных областях массивных спиральных галактик, которые ранее считалось исключительно редко встречающимися особенностями. Их радиусы составляют от нескольких сотен парсек до 1-2 килопарсека, а плоскости, в которых они расположены, не всегда совпадают с плоскостью основного диска галактик. Было показано, что некоторые из них содержат линейные структуры (ядерные бары) или тонкую спиральную структуру, и представляют собой обособленные компоненты галактик, которые по механизму своего формирования и эволюции отличаются от остальной галактики.
- Обработка и анализ многоцветной фотометрии галактик, обладающих барами, показал наличие дефицита в них звезд с "промежуточным" возрастом в несколько миллиардов лет, что отражает особенность эволюции этих структурных образований.
- Предложен новый метод оценки постоянной Хаббла, определяющей масштабы расстояний до галактик. Он основан на аргументированном предположении о том, что цвет галактических дисков, характеризующий интенсивность звездообразования, коррелирует с их удельным моментом вращения, значение которого зависит от принятого

расстояния до галактики. Калибровка найденной зависимости по близким галактикам привела к оценке H_0 = 76±8 км/c/Mпс.

- Совместно с сотрудниками ИНАСАН и САО РАН разработан и применен к конкретным спиральным галактикам метод восстановления векторного поля скоростей газа в дисках галактик, основанный на анализе Фурье-компонент азимутального распределения (на различных расстояний от центра) яркости диска и лучевых скоростей газа. Проведенные наблюдения галактик с помощью интерферометра Фабри-Перо позволили выявить осцилляции газа, связанные с наблюдаемой спиральной структурой, и тем самым подтвердить волновую природу спиральных ветвей галактик. Был предложен метод определения угловой скорости спирального узора и на примере нескольких галактик показано существование предсказанных ранее (А.Фридман, ИНАСАН) антициклонических и циклонических структур в поле скоростей газа. Проведенный Фурье анализ позволил также впервые обнаружить существование вертикальных осцилляций газа в дисках галактик, связанных со спиральной структурой.

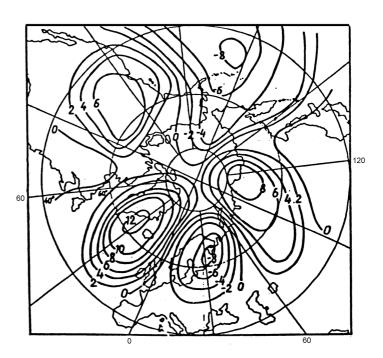
Физика Солнца и гелиосейсмология

Выполнявшиеся на кафедре традиционные исследования Солнца за последнее десятилетие оформились в два основных напрвления: Солнечная активность и ее проявления (доцент Э.В. Кононович); Физика Солнца и гелиосейсмология (н.с. В.А.Батурин). Основные результаты.

- 1. Предложен механизм воздействия солнечной активности на тропосферную циркуляцию.
- 2. Выполнена количественная оценка (5-25%) вклада солнечного геомагнитного возмущения в суммарную энергию тропосферного барического поля.
- 3. Получены карты солнечно обусловленной составляющей возмущения барического поля.
- 4. Предложен клапанный механизм воздействия солнечной активности на среднюю и нижнюю атмосферу Земли.
- 5. Определено содержание гелия в конвективной зоне 25% по массе.
- 6. В 10 раз (в среднем) улучшено согласие между теоретическим и наблюдаемым спектрами солнечных колебаний.
- 7. Выделен класс моделей с фиксированным профилем звука и установлена связь химического состава и энтропии конвективной зоны для этого класса моделей.
- 8. Разработана и действует программа для построения полной эволюционной последовательности моделей, с калибровкой по параметрам современного Солнца.

Солнечная активность и ее проявления в атмосфере Земли. В настоящее время проблема установления гелио-геофизических связей и соответствующих механизмов их

реализации имеет все возрастающий интерес и приобретает практическую значимость. Проблему "Солнце-тропосфера" можно рассматривать как конечное звено передачи энергии в единой системе Солнце-Земля. Несмотря на незначительность энергии солнечных факторов по сравнению с энергетикой тропосферных процессов, существует ряд доказательств необходимости учета факторов солнечной активности в динамике тропосферы и ее циклических изменениях. За последние 5-10 лет на кафедре астрофизики, на физическом факультете МГУ, в ИФА и в ИПГ обоснован ряд особенностей этих связей и доказано само их наличие. Рассмотрены также особенности самой шикличности солнечной активности и ее природы. Предложен возможный механизм связи. В качестве при-



Карта изаллобар, показывающая систему циркуляции, связанную с влиянием геомагнитных возмущений.

мера приведем наглядный результат исследования проявлений гелио-геомагнитной активности в преобразованиях циркуляционных форм в тропосфере. Был рассмотрен новый подход к исследованию солнечно-атмосферных эффектов, имеющий целью разде-

ление воздействий внешних факторов от динамики собственных атмосферных процессов. Выделена система циркуляции, связанная с влиянием геомагнитных возмущений. Получены количественные оценки наблюдавшихся эффектов. Получено, что вклад солнечного фактора в общую дисперсию изменчивости метеопроцессов может составить от 5 до 25%. Метод состоит в использовании не только идентичных начальных геомагнитных и метеорологических условий, но и идентичности их последующего развития (использование рядов с одинаковым типом преобразования циркуляционных форм внутри одного сезона). Был применен метод наложенных эпох с оценками распределения массивов данных, выбором физически адекватных реперных дней, количественными оценками реперов и особенно оценкой идентичности начальных условий. Были сформированы атмосферные блоки отдельно для геомагнитно - спокойной (реперный день t_q) и геомагнитно-возмущенной ситуаций (реперный день t_m). После осреднения данных по приземному давлению по блокам " t_q " и " t_m " можно сравнить одинаковые фазы в развитии барических полей. Если геомагнитная возмущенность не оказывает влияния на атмосферную циркуляцию, то результаты осреднения блоков относительно реперов t_q и t_m будут одинаковыми. Если это влияние мало, то результаты сравнения блоков t_q и t_m по одинаковым фазам будут отличаться на уровне статистических ошибок. Если это влияние существенно, то различие в результатах будет не только статистически значимо, но и характеризоваться определенными пространственновременными закономерностями. Была выбрана форма преобразования зональной циркуляции западной в восточную. Реперы t_m и t_q отбирались на основе комплексного анализа ежедневной метеорологической и гелио-геомагнитной ситуации с 1890 по 1966 гг. для зимних месяцев (ноябрь - февраль). Исследовались данные по приземному давлению P в узлах географической сетки с шагом по широте (80-35° с.ш.) и 10° по долготе.

Внутреннее строение Солнца и гелиосеймология. Одним из перспективных и актуальных направлений современной физики Солнца оказалась гелиосейсмология, или наука об изучении внутреннего строения и физических процессов в недрах Солнца на основании наблюдений устойчивых волн малой амплитуды на поверхности Солнца. Волны такого типа с периодами от 3 до 15 минут наблюдаются постоянно и обнаруживают замечательную когерентность во времени — в течение нескольких дней или даже недель. Систематическому наблюдению колебаний на Солнце за последние десять лет посвящены около десятка международных проектов, включающих сети станций непрерывного наблюдения Солнца (такие как IRIS, BiSON, GONG, TON) и солнечные космические обсерватории (SOHO).

Научные исследования по гелиосейсмологии на кафедре начались около 15 лет назад с работ по моделированию внутреннего строения Солнца. За это время были разработаны комплексы программ для решения этой задачи как для отдельных областей на Солнце (внешняя конвективная зона), так и для построения полной эволюционной последовательности моделей с калибровкой параметров для соответствия с радиусом и светимостью современного Солнца. Важнейшей задачей этих исследований является включение самых современных теоретических данных о физике солнечной плазмы — непрозрачности и уравнении состояния, а также скоростях ядерных реакций. На современном этапе программный комплекс MUSEC (Moscow University Solar Evolution Code) признан как один из самых развитых средств подобного рода в мире.

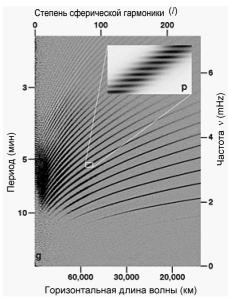
Для выполнения задач моделирования были разработаны программы расчета уравнения состояния многокомпонентной неидеальной плазмы в широком диапазоне температур и плотностей. Также продолжаются исследования по моделированию турбулентной конвекции, характерной для самых внешних слоев конвективной зоны Солнца, с учетом динамических компонент давления. В результате удалось улучшить согласование теоретического и наблюдаемого спектра колебаний в среднем почти в десять раз.

Анализ глобальных условий на получаемые решения для внутренних слоев Солнца методами качественного анализа дифференциальных уравнений, и методами анализа возмущений, позволил выделить класс моделей с фиксированными сейсмическими свойствами (профилем скорости звука) и сформулировать условия существования для такого класса через химический состав и энтропию вещества во внешней конвективной зоне.

Степень сферической гармоники (//)

Использование методов обратной задачи квантового рассеяния позволило выполнить прямую калибровку термодинамических параметров вещества по данным о частотах солнечных собственных мод колебаний. Было выполнено (одно из первых) гелиосейсмических определений содержания гелия в конвективной зоне — 25% по массе, что оказалось в противоречии с принятыми на тот момент модельными калибровками (28%) и стимулировало широкий круг исследований по уточнению характера эволюции водорода в Солнце (и звездах солнечного типа). В настоящее время используется предположение о заметной роли гравитационного осаждения и диффузионного перемешивания солнечного вещества за время эволюции (4.5 млрд. лет).

Помимо теоретических исследований, в рамках группы проводятся работы по обработке данных наблюдений, полученных в сотрудничестве с группами



Спектр солнечных колебаний

наблюдателей во всем мире. Основное внимание уделяется разработке и применению методов спектрального анализа для сложных, стохастически возбуждаемых процессов колебаний. Среди таких методов используются анализ волновых форм (wavelet), гомоморфная деконволюция (серstrum) и методы оптимальной подгонки Matching pursuit).

Изучение Галактики

В течение многих лет изучение строения, кинематики и динамики Галактики и звездных скоплений ведется на кафедре астрофизики и звездной астрономии совместно с Отделом изучения Галактики и переменных звезд ГАИШ МГУ. Важнейшими направлениями исследований являются:

А) Получение наблюдательного материала по фотометрии, лучевым скоростям, собственным движениям пульсирующих переменных звезд, звездных скоплений и ассоциаций. Для этой цели используются созданные в ГАИШ МГУ А.А.Токовининым уникальные приборы – корреляционный спектрограф – Измеритель лучевых скоростей с фиксированной маской (ИЛС) и эшельный ПЗС-спектрограф «Радуга». Использование корреляционного спектрографа ИЛС для измерения точных лучевых скоростей позволяет поддерживать высокий качественный уровень наблюдательного материала, сравнимый с лучшими мировыми достижениями для массовых измерений. Он позволяет измерять лучевые скорости нормальных звезд спектральных классов F5 - M5 с точностью (в смысле внешней сходимости) не хуже 0.3 км/с для ярких звезд. С его помощью в 1987-1999 г. получен самый большой в мире каталог измерений лучевых скоростей цефеид – объектов, задающих одну из самых надежных шкал расстояний (содержащий более 7000 отдельных измерений, или более 70 % мирового материала по северным цефеидам), что позволяет успешно решать целый ряд задач кинематики Галактики; полное число измерений лучевых скоростей различных объектов превысило 15000. Среди них – массовое измерение скоростей красных звезд в рассеянных скоплениях, в площадках Каптейна, лучевых скоростей звезд высокой светимости. Наблюдения проводились в последние годы в основном на телескопе «Цейсс-1000» Симеизской обсерватории (Крым) и АЗТ-2 Московской обсерватории. Спектрограф «Радуга» предназначен не только для измерения лучевых скоростей звезд (в том числе ранних спектральных классов), но и и для детального изучения звездных спектров и определения их химического состава. Оба эти прибора находятся на уровне лучших подобных устройств.

Фотометрическое обеспечение наблюдательных программ проводилось в основном на Майданакской обсерватории (Узбекистан). Для подбора собственных движений объектов использовался каталог HIPPARCOS, содержащий 118000 звезд, а также созданные в отделе астрометрии ГАИШ МГУ и не имеющие аналога по объему материала каталоги TRC (Опорный каталог Тихо, содержащий высокоточные собственные движения 988000 звезд в системе HIPPARCOS/ICRS) и т.н. 4-миллионный каталог. Этот наблюдательный материал, имеющий высокую точность и однородность, использовался для анализа кинематики и строения молодых подсистем диска Галактики.

- Б) Создание однородных выборок объектов для анализа строения и кинематики галактических подсистем. В результате сбора наблюдательных данных (как опубликованных, так и полученных участниками работ) были созданы базы данных:
- молодых рассеянных скоплений (более 200 объектов с тщательным отбором членов скоплений, их лучевыми скоростями и/или собственными движениями и расстояниями, определенными в однородной системе Дамбисом (1999) и Локтиным (1996));
- классических цефеид (более 270 звезд с высокоточными лучевыми скоростями, собственными движениями и расстояниями, выведенными по зависимости «период светимость» Бердникова и др. (1996));
- звезд высокой светимости (сверхгигантов и ярких гигантов; всего более 300 звезд с лучевыми скоростями и собственными движениями).
- В) Исследование двойных цефеид. Наличие больших массивов лучевых скоростей, измеренных в основном участниками работ, позволило не только исследовать уже известные спектрально-двойные цефеиды, но и открыть несколько новых. Были определены параметры орбит и найдены минимальные значения масс их спутников. Показано, что доля двойных среди сверхгигантов составляет не менее 22 %.
- Г) Расчет радиусов цефеид методом Бааде-Весселинка. По обширным рядам фотометрических многоцветных наблюдений и лучевым скоростям определены радиусы около 70 звезд, в том числе впервые для бимодальных цефеид. Зависимость «периодрадиус» позволила разделить цефеиды, пульсирующие в фундаментальном тоне и первом обертоне.
 - Д) Изучение строения и дифференциального вращения галактических подсистем.

По лучевым скоростям и собственным движениям выборки 628 молодых объектов (включившей 308 цефеид, 202 молодых рассеянных скопления и 128 красных сверхгигантов) в рамках чисто круговых движений центроидов были найдены параметры кривой вращения и оценено расстояние до центра Галактики. Их расстояния в конечном счете опираются на шкалу расстояний рассеянных скоплений и, следовательно, могут считаться взаимно согласованными. Все эти объекты имеют возраст менее 100 млн. лет и малую скорость отставания от местного стандарта покоя. Впервые в мировой литературе отмечено, что наиболее надежные оценки угловой скорости вращения диска могут быть получены по объектам, расположенным вблизи так наз. "касательного" круга (опирающегося на отрезок центр Галактики - Солнце как на диаметр), где дифференциальное вращение практически не влияет на собственные движения объектов. Исходя из этого величина угловой скорости оказалась близкой к 28 км/с/кпк (с ошибкой около 1.5 км/с/кпк). Расстояние до центра Галактики в этой шкале расстояний оценено в 7.3 кпк, что приводит к величине круговой скорости порядка 200 км/с (вместо "стандартного"

значения 220 км/с, принятого в 1985 г. МАС). Отсюда, в частности, следует вывод о том, что локальная подсистема звезд типа RR Лиры, скорость которой относительно Солнца в близкой окрестности, имеет в пределах ошибок то же значение, практически не вращается. Одновременно по кинематике плоских подсистем оценено расстояние Солнца от центра Галактики, которое оказалось близким 7.3±0.4 кпк, что связано с использование "короткой" шкалы расстояний объектов.

Е) Анализ поля остаточных скоростей цефеид и проявления волновой природы спирального узора Галактики. Высокоточные скорости, собственные движения и расстояния цефеид и ОВ-ассоциаций были использованы для определения параметров спиральной структуры Галактики и выявления эффектов, связанных с волнами плотности. Отметим, что из-за положения Солнца в самой толще галактического диска и трудно учитываемых ошибок расстояний спиральная структура может быть наиболее строго выделена не по пространственному распределению объектов, а по возмущениям их скоростей от спиральных ветвей. Для исследования остаточных пространственных скоростей были выбраны ОВ-ассоциации. Зависимость остаточных движений (их направления и величины) от положения по отношению к границам рукава согласуется с предсказаниями теории волн плотности. Характер остаточных скоростей является важным аргументом в пользу волновой природы этого ярко выраженного спирального рукава. По лучевым скоростям и собственным движениям классических цефеид в широких окрестностях Солнца (в пределах 3 кпк), методом, не связанным с анализом пространственного распределения, была найдена периодичность поля пространственных скоростей с характерным масштабом радиального изменения, близким к (1.9±0.4 кпк). Она может быть также связана с влиянием возмущений от спиральных рукавов.

Ж) Уточнение шкал расстояний галактических объектов. Это направление стало одним из важнейших в наших исследованиях, поскольку шкалы расстояний являются базисом для любых структурных и кинематических данных. Особую остроту этот вопрос приобрел после появления результатов космического эксперимента HIPPARCOS и оживления дискуссий между сторонниками "длинной" и "короткой" шкал расстояний. Эта проблема имеет первостепенное значение для космологии и теории звездной эволюции. Для уточнения шкал расстояний мы применили наиболее строгий из существующих в настоящее время подходов - метод статистических параллаксов для пространственных скоростей звезд, причем для объектов диска этот метод использован впервые в мировой практике, а также высокоточные тригонометрические параллаксы для близких объектов. Собственные движения (взятые из каталогов NPM1, 4-млн. каталога, HIPPARCOS и TRC) и лучевые скорости около 270 переменных звезд типа RR Лиры использованы для уточнения их светимости и кинематических параметров методом статистических параллаксов. Оказалось $\langle Mv(RR) \rangle = +0.74\pm0.12$ для малометалличной группы (<[Fe/H]> = -1.6) и на $0.12^{\rm m}$ слабее для переменных RR Лиры толстого диска. Это приводит к значению модуля БМО около 18.20±0.11 зв. величины, т.е. к короткой шкале расстояний. Использованы полные данные, в том числе полученные в результате многолетних собственных наблюдений, для 119 молодых рассеянных скоплений, 270 классических цефеид, 330 сверхгигантов спектральных классов F5 - М5, для которых можно вычислить пространственные скорости. Расстояния до цефеид и рассеянных скоплений в конечном счете опираются на фотометрические расстояния рассеянных скоплений, в то время как для сверхгигантов расстояния определялись по калибровке Дойчмана. Благодаря использованию высокоточных собственных движений, впервые появилась возможность применить метод статистических параллаксов для одновременного определения кинематических параметров этих выборок и уточнения их шкал расстояний. При этом распределение остаточных скоростей объектов считалось трехосным эллипсоидальным (Шварцшильдовым). Выборка цефеид была поделена на две группы, различающихся периодом пульсаций (короче и длиннее 9 суток). Вычисления показали, что шкала расстояний долгопериодических цефеид (фактически лежащая в основе межгалактических расстояний) не нуждается в значимой коррекции. Это противоречит мнению Фиста и др. (1997) о необходимости значительного (на 20-25%) удлинения шкалы расстояний до БМО и других галактик и уменьшения значения постоянной Хаббла и увеличения возраста Вселенной. С другой стороны, расстояния короткопериодической группы цефеид, определенные по зависимости "период- светимость" Бердникова и др. (1996) нуждаются в систематическом увеличении примерно на 30%. Поскольку не имеется оснований уменьшить наклон зависимости "период- светимость" (определяемый, в том числе, по цефеидам БМО), мы считаем, что короткопериодическая группа цефеид "засорена" звездами, пульсирующими не в фундаментальном тоне, как большинство цефеид, а в первом обертоне. С учетом того, что ошибочное отнесение цефеиды к звездам, пульсирующим в основном тоне, приводит к завышению ее избытка цвета, ее неверная идентификация ведет к общему занижению ее светимости примерно на 0.65 зв. величины! Исходя из того, что шкала расстояний цефеид Бердникова и Ефремова (1985) кажется оптимальной, мы оцениваем долю ошибочно идентифицированных цефеид в 20-40%. В итоге цефеиды задают короткую шкалу расстояний, в которой модуль расстояния БМО близок к 18.35 зв. величины. Совершенно аналогичный результат дает применение одного из вариантов метода статистических параллаксов, состоящего в сравнении значений постоянной Оорта А, найденной раздельно по лучевым скоростям и собственным движениям, к 119 молодым рассеянным скоплениям. Мы считаем, что их шкала расстояний должна быть увеличена примерно на 5-8%, что находится в прекрасном согласии с упомянутым выше результатом для цефеид. При этом расстояние до центра Галактике может составлять 7.3 – 7.5 кпк.

Некоторые данные по использованным объектам можно найти по адресам: http://www.sai.msu.su/groups/clusters/cl/pm и ftp.sai.msu.su/pub/groups/cluster/radvel

Научные семинары

Общемосковский Семинар Астрофизиков. Руководитель: проф. В.М.Липунов.

Тематика семинара охватывает теоретическую и наблюдательную астрономию, астрофизику, небесную механику, астрометрию и исследования планет, а также другие смежные области (прикладная гидро- и газодинамика, физика плазмы, геофизика, физика элементарных частиц и высоких энергий и т.д.).

С 1996 г. было проведено 58 заседаний семинара (исключая коллоквиумы).

Семинар был включен в учебный план (расписание занятий) студентов астрономического отделения физического факультета МГУ как факультативное мероприятие. Начиная со второй половины 1998 г., тезисы докладов приглашенных докладчиков публиковались в Интернет.

Физика Галактик. Руководитель: проф. А.В.Засов.

Современные аспекты солнечной переменности. Руководитель: доцент Э.В. Кононович.

С 1997 г. было проведено 51 заседание семинара. Повестки дня и докладчики оперативно отражаются на Интернет-странице семинара.

Звездная астрономия. Руководитель: проф. А.С.Расторгуев.

Научно-организационная работа

Сотрудники кафедры принимают постоянное участие в научно-организационной работе по астрономии в рамках РАН, Международного астрономического союза (МАС), Европейского астрономического общества (ЕАС), Евро-Азиатского астрономического общества (ЕААС), являются членами редколлегий ряда отечественных и зарубежных научных журналов.

Член-корр. РАН проф. А.М.Черепащук — зам. председателя Научного Совета по астрономии (НСА) при ООФА РАН, председатель Ученого Совета ГАИШ МГУ, зам. главного редактора "Астрономического Журнала" РАН и "Astrophysics and Space Science".

Проф. В.М. Липунов и А.М. Черепащук – члены экспертного совета "Соровского образовательного журнала".

Проф. А.В. Засов – член Ученых советов ГАИШ МГУ и САО РАН, член экспертного совета ВАК по физике, член комитета по тематике 6-метрового телескопа.

Проф. К.А. Постнов – ученый секретарь Научного Совета по астрономии (НСА) при ООФА РАН.

Проф. А.С. Расторгуев – член Ученого Совета ГАИШ, член диссертационных советов ГАИШ и МПГУ.

Доцент Э.В. Кононович – член Ученого Совета ГАИШ МГУ, Совета по физике Мин. Образования РФ, пред. МО АГО.

М.н.с. И.Е. Панченко – председатель Совета молодых ученых ГАИШ МГУ.

В 1995-1999 гг. сотрудники кафедры А.М. Черепащук, А.В. Засов, В.М. Липунов, А.С. Расторгуев, Э.В. Кононович, К.А. Постнов, И.Е. Панченко участвовали в подготовке ряда отечественных и международных конференций и коллоквиумов.

В 1999 г. сотрудники кафедры включились в подготовку крупнейшего европейского съезда астрономов JENAM-2000, который пройдет на базе МГУ в мае-июне 2000 г. Член-корр. РАН проф. А.М.Черепащук - председатель местного оргкомитета, проф. К.А.Постнов - секретарь научного оргкомитета.

Международные связи

Научные контакты

Монреальский университет (Канада),	А.М. Черепащук
Обсерватория Каподимонте (Италия),	
Институт астрономии Словацкой АН (Словакия)	
Астрономическая обсерватория г.Лиона (Франция),	А.В. Засов
Обсерватория Каподимонте (Италия).	
Институт Макса Планка (Германия),	В.М. Липунов
Университет г.Кардиффа (Великобритания),	
Институт космических исследований (Франция),	
Институт астрофизики Итальянской АН	
Университет г.Амстердама (Нидерланды),	К.А. Постнов
Университет г.Брюсселя (Бельгия),	
Институт Макса Планка (Германия),	
Институт космических исследований (Франция),	
Миланский ун-т (Италия),	
Университет г.Тюбингема (Германия),	
Университет г.Кардиффа (Великобритания),	
Королевское общество Великобритании	
Обсерватория астрономического института АН Чешской	Э.В. Кононович
республики,	
Институт Космической Астрофизики (Франция).	

Колледж королевы Мэри и Вэстфилда (Великобритания),	В.А. Батурин
Университет Южной Калифорнии (США),	
Обсерватория Лазурного берега (Франция),	
Университет г.Ница (Франция),	
Центр теоретической астрофизики (Дания),	
Институт астрофизики Узбекской АН	
Мичиганский университет (США),	А.С. Расторгуев
Эдинбургский университет (Великобритания),	
КрАО (Украина)	
Астрономический ин-т Лозаннского университета (Швей-	Е.В. Глушкова
цария),	
Ташкентский астрономический институт им. Улугбека	
(Узбекистан),	
Эдинбургский университет (Великобритания),	
Симеизская обсерватория КрАО (Украина)	
Стокгольмский университет (Швеция)	И.Е. Панченко

Доклады на международных конференциях.

За отчетный период сотрудниками кафедры было сделано 65 докладов, в том числе 19 приглашенных.

Гранты и научные проекты

Штатные преподаватели и сотрудники кафедры, а также студенты и аспиранты, активно участвуют в работах, поддержанных различными Российскими и международными грантами, в том числе в качестве руководителей:

Кононович Э.В.:

«Университеты России», грант 5554 (1999-2000); «Исследование нестационарных процессов в верхних слоях Солнца и гелиогеофизические факторы в климатической изменчивости в нижней атмосфере Земли»

Грант ФЦП "ИНТЕГРАЦИЯ", ПРОЕКТ 507, тема К0-306; "Солнечная активность и ее проявления в атмосфере Земли"

Грант ГНТП «Астрономия»; «Исследование фотометрической переменности Солнца»

Батурин В.А.:

Грант РФФИ (98-02-16275) в 1998-1999; "Гелиосейсмическое тестирование физических процессов внутри Солнца".

Грант INTAS 1999-2001 «Long-term Solar Seismology with World-wide Networks»; совместно с Университетом г.Ница, Колледжем королевы Мэри и Вестфилда (Лондон), институтом астрофизики Узбекской АН.

Засов А.В.:

Грант РФФИ (98-02-17102); 1998-2000 г. «Связь звездообразования с кинематикой газа в дисках галактик».

Грант РФФИ (99-02-90067); «Создание регулярно обновляемого каталога кинематических данных по галактикам, доступного через Интернет».

Грант ГНТП «Астрономия»; «Химическая эволюция подсистем и звездообразование во внутренних областях галактик».

Постнов К.А.:

Грант ИНТАС совместно с университетами Амстердама и Брюсселя и институтом Макса Планка (Гархинг, Германия); 1993-1999 г.; «Астрофизикка высоких энергий».

Грант ИНТАС совместно с Институтом Космических исследований (Тулуза, Франция), Миланским университетом и Астрофизическим институтом Макса Планка (Гархинг, Германия); 1998 г.; «Проблема гамма-всплесков».

Грант НАТО совместно с Университетом г. Тюбинген (Германия); 1999 г.; «Аккрецирующие нейтронные звезды и пульсар Геркулес X-1».

Грант Королевского Общества Великобритании совместно с университетом г. Кардифф (Уэльс, Великобритания); 1997-2000 г.; «Астрофизические источники гравитационных волн».

Расторгуев А.С.:

Грант РФФИ (96-02-18491); 1996-1998 г.; «Изучение кинематики молодого населения Галактики на основе высокоточных лучевых скоростей и собственных движений звезд».

Грант РФФИ (99-02-17842); 1999-2001 г.; «Построение галактической шкалы расстояний статистическими методами».

Грант ГНТП «Астрономия»; 1993-2001 г.; «Строение, кинематика и динамики молодых подсистем диска Галактики».

Кроме того; ряд сотрудников кафедры, а также студенты и аспиранты являются исполнителями работ по грантам РФФИ Совета поддержки ведущих научных школ России: «Физика тесных двойных систем» (96-15-96489); 1996-2003 гг.; руководитель Школы – член-корр. РАН, профессор А.М.Черепащук;

«Исследование строения, кинематики и динамики нашей Галактики и других галактик местной группы на основе изучения переменных звезд» (96-15-96656); 1996-2003 гг.; руководители школы доктор физ.-мат.наук А.С.Шаров, профессор Ю.Н.Ефремов (ГА-ИШ МГУ.

Премии, почетные звания

<u>Кононович Э.В.</u> Заслуженный преподаватель Московского университета (1999 г.).

Засов А.В. Лауреат Ломоносовской премии МГУ (1997 г.) (совместно

с проф. Ю.Н.Ефремовым и А.Д.Черниным, ГАИШ МГУ). Лауреат премии Астрономического Общества (1996 г.) (совместно с проф. Ю.Н. Ефремовым и А.Д. Черниным, ГА-

ИШ МГУ).

Соросовский профессор (1999 г.).

Черепащук А.М. Соросовский профессор (трижды), награжден орденом

Дружбы.

Липунов В.М. Соросовский профессор (трижды).

Расторгуев А.С. Соросовский доцент (трижды).

Постнов К.А. Соросовский доцент (1999 г.).

Глушкова Е.В. Президентская стипендия для молодых ученых России

(1995,1996); стипендия физического факультета МГУ для

молодых преподавателей (1996/97, 1997/98 гг.).

6. Публикации

За период с 1995 по 1999 гг. сотрудниками кафедры опубликовано 170 работ.

І. Учебные пособия, учебники и монографии.

- 1. А.В. Засов и Э.В. Кононович. Астрономия 11. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. М., Просвещение, 1996, 160 с.
- 2. А.В. Засов и Э.В. Кононович. Астрономия. Атлас для общеобразовательных учреждений. Москва. АСТ. 1996. 48 с.
- 3. А.А. Фадеева, Д.Ф. Киселев, А.В. Засов, Э.В. Кононович. Физика. Астрономия. Окружающая среда. Часть 1. Учебник для общеобразовательных учреждений. Москва, 1997, Издательский и книготорговый центр Аз. 157 с.
- 4. А.А. Фадеева, Д.Ф. Киселев, А.В. Засов, Э.В. Кононович. Физика. Астрономия. Окружающая среда. Для VII (VIII) XI классов. Программа для общеобразовательных учреждений (естественнонаучный профиль). Москва, 1998, Издательский центр Аз. 26
- 5. A.M. Cherepashchuk, N.A. Katysheva, T.S. Khruzina, S.Yu. Shugarov. Highly Evolved Close Binary Stars: Catalog, 1996, ed. A.M. Cherepashchuk, Brussel: Gordon and Breach Science Publishers, 1-346.
- 6. A.M. Cherepashchuk, N.A. Katysheva, T.S. Khruzina, S.Yu. Shugarov. Highly Evolved Close Binary Stars: finding charts, 1996, A.M. Cherepashchuk, Brussel: Gordon and Breach Science Publishers, 1-249.

II. Важнейшие статьи

- 1. А.М. Черепащук. Массы черных дыр в двойных звездных системах, Успехи Физических наук, 1996, Т.166, с. 809-832.
- 2. А.М. Черепащук. Рентгеновские двойные системы с черными дырами, в кн. «Двойные звезды», Москва, Космоинформ, 1997, с.45-104.

- 3. I.I. Antokhin, A.M. Cherepashchuk, A.G. Yagola. Velocity Law in the Extended Photosphere of the WN5 Star in Eclipsing Binary V444 Cygni, Astrophysics and Space Science, 1997, v.254, N.1, p.111-131.
- 4. В.П. Горанский, В.Ф. Есипов, А.М. Черепащук. Оптическая переменность SS433 в 1978- 1996 гг., Астрономический журнал, 1998, Т.75, N.2, с.240-260.
- 5. Э.В. Кононович, О.Б. Смирнова, А.Е. Щукин Градиент яркости солнечной короны в линии К ионизованного кальция, Изв. РАН, серия физическая, 1998, Т.62, N. 6, 1237-1243.
- 6. Р.В. Смирнов, Э.В. Кононович. Проявление гелио-геомагнитной активности в преобразованиях циркуляционных форм в тропосфере. Изв. вузов. Радиофизика. 1996. Т. 39, N 10, с. 1335-1341.
- 7. В.С. Артюх, А.В. Засов, С.А. Тюльбашев. Наблюдения инфракрасных галактик сверхвысокой светимости на частоте 102 МГц. Письма в Астрон. Ж., 1995, 21, 723-729
- 8. A.V. Zasov, O.K. Sil'chenko. Minibars in the centers of normal galaxies. Astron. Soc. of the Pacific, 1996, V.91, 207-211.
- 9. А.В. Засов, О.К. Сильченко. Структура и динамика ядерной области спиральной галактики NGC 7217. Астрон. Ж., 1997, 74, 824-834.
- 10. A.M.Fridman, O.V.Khoruzhii, V.V.Lyakhovich, V.S.Avedisova, O.K.Sil'chenko, A.V.Zasov, A.S.Rastorguev, V.L.Afanas'iev,S.N.Dodonov and J.Boulesteix. Spiral-vortex structure in gaseous disks of galaxies. Astroph. and Space Sci., 1997, 252, 115-138.
- 11. А.В. Засов, А.В. Моисеев. Поверхностная VRI- фотометрия и структура «запыленной» галактики NGC972. Письма в Астрон. Ж., 1998, 24, 677-688.
- 12. А.К. Дамбис, А.М. Мельник, А.С. Расторгуев, Кривая вращения системы классических цефеид и расстояние Солнца от центра Галактики. Письма в Астрон. Ж. Т.21. N.5. C.331-347. 1995.
- 13. Е.В. Глушкова, М.В. Заболотских, А.С. Расторгуев, И.М. Углова, А.А. Федорова, Абсолютные собственные движения 181 молодого рассеянного скопления. Письма в Астрон. Ж. Т.23. N.2. С.90-98. 1997.
- 14. Glushkova E.V., Dambis A.K., Mel'nik A.M., Rastorguev A.S. Investigation of the kinematics of young disk populations. Astron. Astrophys. V.329. N.2. P.514-521. 1998.
- 15. Н.А. Горыня, Н.Н. Самусь, А.С. Расторгуев, М.Е. Сачков, Е.В. Глушкова, С.В. Антипин, Каталог лучевых скоростей цефеид, измеренных с корреляционным спектрометром в 1995-1998 г. Письма в Астрон. Ж. Т.24. N.11. С.939-942. 1998.
- 16. А.С. Расторгуев, Е.В. Глушкова, А.К. Дамбис, М.В. Заболотских. Статистические параллаксы и кинематические параметры классическмих цефеид и молодых рассеянных скоплений. Письма в Астрон. Ж., Т.25. N.9. С.689-703. 1999.
- 17. Е.В. Глушкова, М.В. Заболотских, А.С. Расторгуев, И.М. Углова, А.А. Федорова, А.В. Волчков, Абсолютизация собственных движений звезд в 21 рассеянном скоплении. Письма в Астрон. Ж. 1996, 22, С.850-858.
- 18. Е.В Глушкова., И.М. Углова, Изучение собственных движений звезд в поле рассеянного скопления NGC 7063. Письма в Астрон. Ж. 1997, 23, 674-682.
- 19. Е.В. Глушкова, В.М. Батыршинова, М.А. Ибрагимов, Исследование рассеянного скопления NGC 6811. Письма в Астрон. Ж. 1999, 25, 115-122.
- 20. Baturin, V.A., Ayukov, S.V., Parameters of solar convection zone in evolutionary and seismic models, in «SCORe'96: Solar Convection and Oscillations and their Relationship», eds. F.P.Pijpers et al., Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 1997, pp. 55-58
- 21. В.А. Батурин, С.В. Аюков, Солнечные модели с гелиосейсмическим профилем скорости звука, Астрон. Ж., 1996, 73, N.2, с. 259 272.
- 22. Baturin, V.A., Mironova, I.V. Turbulent convection and *p*-mode oscillations, Proc. SOHO6/GONG98 Workshop. The Structure and Dynamics of the Interior of the Sun and Sun-

- like Stars. (Eds. S. G.Korzennik and A Wilson), ESA SP-418, ESA Publications Division, Noordwijk, The Netherlands, 1998, pp. 717-720.
- 23. Baturin, V.A, Vorontsov, S.V., Seismic calibration of solar envelope models with using the «differential responce» technique, *in* Sounding Solar and Stellar Interior, IAU Symposium 181, Poster Volume, eds. J. Provost, F.-X. Schmider, Observatoire de la Cote d'Azur & Universite de Nice, 1998, pp. 67-68.
- 24. К.А. Постнов, Космические гамма-всплески, 1999, Успехи Физ. Наук 169, N5, 545-565.
- 25. С.И. Блинников, К.А. Постнов. A mini-supernova model for optical afterglow. 1998, MNRAS, 293, L29-L32.
- 26. Lipunov, V.M., Postnov, K.A., Prokhorov, M.E. Formation and coalescence of relativistic binary stars: the effect of kick velocity. 1997, MNRAS 288, 245-259.
- 27. Lipunov, V.M., Postnov, K.A., Prokhorov, M.E. Black holes and gravitational waves: possibilities for simultaneous detection using first-generation laser interferometers. 1997, PAZh, 23, 563-568.
- 28. Lipunov, V.M., Postnov, K.A., Prokhorov, M.E. The scenario machine: Binary star population synthesis. 1996, Astrophys. Space Phys. Rev. 9, part 4, 1-178.
- 29. Lipunov, V.M., Postnov, K.A., Prokhorov, M.E., Panchenko, I.E., Jorgensen, H.E. Evolution of the Double Neutron Star Merging Rate and the Cosmological Origin of Gamma-Ray Burst Sources. 1995, ApJ. 454, 593.
- 30. Lipunov, V.M., Nazin, S.N.; Panchenko, I.E.; Postnov, K.A.; Prokhorov, M.E. The gravitational wave sky. 1995, Astronomy & Astrophysics 298, 677.
- 31. Lipunov, V.M. Panchenko, I.E. Pulsars revived by gravitational waves. 1996, Astronomy & Astrophysics, 312, 937.
- 32. Jorgensen, H.E.; Lipunov, V.M.; Panchenko, I.E.; Postnov, K.A.; Prokhorov, M.E. Evolution of Supernova Explosion Rates in the Universe. 1997, ApJ, 486, 110.
- 33. Lipunov V.M., Ozernoy L.M., Popov S.B., Postnov K.A., Prokhorov M.E. Population synthesis of X-ray sources at the Galactic Center. 1996, ApJ, v.466, 234-241.
- 34. Lipunov, V.M., Postnov, K.A., Prokhorov, M.E. The Scenario Machine: Binary Population Synthesis. 1996, Review of Astrophys. and Sp.Sci., Ed. R.A.Sunyaev, Harwood Acad. Publ., vol.17, pp.1-160.
- 35. Д.В. Бисикало, А.А. Боярчук, О.А. Кузнецов, Т.С. Хрузина, А.М. Черепащук, В.М. Чечеткин. Свидетельства отсутствия ударного взаимодействия струи и диска («горячего пятна») в полуразделенных двойных системах. Сравнение результатов математического моделирования и наблюдательных данных. 1998, Астрономический журнал, 1998, т.75, N. 1, с. 40-53.
- 36. М.Б. Богданов, А.М. Черепащук. Распределение яркости по диску красного гиганта, полученное из наблюдений гравитационного микролинзирования. 1999, Астрономический журнал, т.76, N.9, с.688-695.
- 37. Т.С. Хрузина, А.М. Черепащук. Гравитационное микролинзирование двойных звезд: анализ кривых блеска OGLE-5 и OGLE-6. 1999, Астрономический журнал, т.76, N.12, c.917-928.

7. Методическая работа кафедры

Учебные пособия, учебники, монографии.

- 1. Э.В.Кононович и В.И. Мороз. Общий курс астрономии. М., в печати, 2000.
- 2. В.К.Конникова. Конспект лекций по практической астрономии. Н. Архыз, САО РАН, 1999

- 3. К.А.Постнов. Пособие по курсу лекций "Астрофизика для физиков". Электронная версия http://educom.phys.msu.su/AstroPhysic/
- 4. А.В.Засов, Э.В.Кононович. Астрономия- 11. Учебник для 11 класса ср. школы. Издво Просвещение, М., 1996 (2-е изд.).
- 5. А.А.Фадеева, Д.Ф.Киселев, А.В.Засов, Э.В.Кононович. Физика. Астрономия. Окружающая среда. Часть 1. Учебник для общеобразовательных учреждений. Издательский центр АЗ. Москва, 1997
- 6. А.В.Засов, Э.В.Кононович "Астрономия". Атлас. М., АСТ. 1996
- 7. А.В.Засов, М.В.Медведева. Программа по астрономии, XI класс. В сб. "Программы общеобразовательных учреждений. Физика. Астрономия." М., Просвещение, 1998,

Сотрудники кафедры А.В.Засов, Э.В.Кононович, К.А.Постнов принимали участие в издании Детской энциклопедии "Астрономия" (изд-во Аванта+, М., 1998).

- Э.В. Кононович является главным редактором научно-популярного Альманаха "Вселенная и Мы".
- А.М. Черепащук член редколлегий «Земля и Вселенная», «Природа», «Соросовский образовательный журнал».
 - А.В. Засов член редколлегии журнала «Физика в школе».

Довузовское образование.

Все сотрудники кафедры регулярно принимают участие во вступительных экзаменах по физике на различных факультетах МГУ и Всероссийских Олимпиадах по физике на физическом факультете МГУ.

А.В.Засов является председателем комиссии по астрономическому образованию Астрономического Общества.

А.В. Засов, А.С.Расторгуев принимают участие в организации и проведении ежегодных Российских олимпиад для 8-11 классов по астрономии и космической физике. Некоторые победители олимпиад в настоящее время успешно обучаются на физическом факультете.

А.В.Засов и Э.В.Кононович являются авторами нескольких учебников и учебных пособий для школ.

В 1999 г. А.М. Черепащук, А.В. Засов и Э.В. Кононович участвовали в работе с учителями физики и астрономии нескольких округов Москвы (Московский ин-т повышения квалификации работников образования).

Соросовские профессора кафедры А.М.Черепащук, А.В.Засов, и В.М.Липунов в 1996- 1999 г. выезжали для чтения лекций на Соросовские учительские конференции в различные области России.

Профессора кафедры периодически приглашаются для выступления перед учителями и школьникамис популярными лекциями по астрономии (Москва, С Петербург, Н.Новгород).

8. Защиты диссертаций

Д.ф.-м.н. 2 (сотрудники кафедры): А.С.Расторгуев, К.А. Постнов

К.ф.-м.н. 1 (сотрудники кафедры): И.Е. Панченко

К.ф.-м.н. 12 (аспиранты кафедры и соискатели, выполнившие работу под руководством сотрудников кафедры)

9. Кафедральные ресурсы INTERNET

Страницы с общей информацией об астрономическом отделении и кафедре, списком читаемых курсов, информацией для абитуриентов могут быть найдены на трех странинах:

http://comet.sai.msu.su/astrodiv/

http://www.sai.msu.su/abiturient/

http://crydee.sai.msu.ru/asa/

Через Интернет доступны два важнейших курса, читающихся на кафедре - курс общей астрономии и общефакультетский курс общей астрофизики.

Общефакультетский курс общей астрофизики для физиков, читаемый проф. К.А. Постновым находится по адресу:

http://xray.sai.msu.su/~moulin/general astrophysics.html

Курс общей астрономии Э.В. Кононовича, П.И. Бакулина, В.И. Мороза находится по адресу:

http://crydee.sai.msu.ru/ak4/Table of Content.htm

Машина сценариев - всемирно известная действующая модель эволюции двойных звезд, разработанная сотрудниками кафедры и ГАИШ, доступна по адресу:

http://xray.sai.msu.su/cgi-bin/scenario.4.0/main form.4.0.x.html

Она активно используется в астрофизическом практикуме.

Каталог работ по измерениям кинематических характеристик звезд и газа в галактиках, созданный вместе с группой Лионского университета (Франция), поддерживается и регулярно дополняется сотрудниками кафедры. Его можно найти по адресу:

http://www-obs.univ-lyon1.fr/~prugniel/cgi-bin/hypercat

10. Перспективы развития кафедры.

Первоочередными перспективными задачами на ближайшее время кафедра считает:

- развитие и расширение научных и научно-методических контактов кафедры астрофизики и звездной астрономии с ведущими кафедрами и другими подразделениями физического факультета;
- дальнейшее участие в работе по федеральным программам интеграции высшей школы и Российской академии наук; использование научного оборудования академических учреждений для научной работы, в учебном процессе, для проведения практики студентов кафедры (6-м телескоп САО РАН, радиотелескопы Пущинской радиоастрономической обсерватории АКЦ ФИАН и Института прикладной астрономии (Санкт-Петербург) и др.);
- расширение использования международных баз данных для научной и учебной работы;
- участие кафедры в перспективных космических проектах «Лира» (устанавливаемом на Российском космическом модуле МКС) и «Ломоносов»; эти проекты получили финансовую поддержку со стороны РАН;
- активное участие сотрудников кафедры в научных семинарах ГАИШ, в том числе Объединенном семинаре астрофизиков, поддержанном грантом программы интеграции, в широким привлечением студентов и аспирантов;
- привлечение молодых талантливых выпускников и аспирантов на кафедру астрофизики и звездной астрономии.