

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (САО РАН)

ПРИНЯТО

решением Ученого совета

САО РАН № 445

от «06» мая 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора САО РАН,

 / Г.Г. Валявин /

«18» августа 2026 г.

**АННОТАЦИИ К РАБОЧИМ ПРОГРАММАМ ДИСЦИПЛИН
И ПРАКТИКЕ**

Научная специальность

1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

п. Нижний Архыз 2026

2. Образовательный компонент

2.1. Элективные дисциплины

Дисциплина	История и философия науки
№	2.1.1.
Трудоемкость, часы (недели)	18 (1/3)
Объем занятий, часов	Всего 18
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. История и философия науки как отрасли знания; 2. Возникновение науки и основные стадии ее исторического развития 3. Структура научного познания, его методы и формы 4. Развитие научного знания 5. Научная рациональность и ее типы 6. Социокультурная и институциональная природа науки 7. Особенности философских проблем естествознания 8. Цивилизационная значимость и методологические уроки современного естествознания
Наименование практических работ	– Тема 1. Философия науки, ее предмет и статус – Тема 2. Эволюция подходов в современной философии науки – Тема 3. Философские основы современной истории науки – Тема 4. Структура научного знания, его методы и формы – Тема 5. Развитие научного знания – Тема 6. Научная рациональность и ее типы – Тема 7. Социокультурная и институциональная природа науки – Тема 8. Философия техники и методология технических наук – Тема 9. Философские проблемы информатики
Формы самостоятельной работы	– подготовка к практическим занятиям; – написание реферата; – конспектирование и комментирование источников; – аннотирование статей; – подготовка электронных презентаций
Результаты освоения дисциплины	Знать: – основные направления в современной философии науки, ее проблемы и теории;

	– содержание современных философских дискуссий по проблемам развития науки; – этические и социальные проблемы современной науки; – методологические основы исторической реконструкции научного знания в соответствующей сфере исследования. Уметь: – интерпретировать философские тексты; – понимать, критически анализировать и излагать базовую философскую информацию; – использовать фундаментальные знания современных философских концепций в профессиональной деятельности, анализе историко-научной литературы и обосновании теоретико-методологических принципов в собственных научных исследованиях; – обосновывать философский и эпистемологический статус диссертационного исследования в социокультурном контексте современности. Владеть – современной научной и философской терминологией; – навыками поиска и обработки научной информации; – самостоятельного обоснования научной проблемы и поиска ее решения; – оформления и презентации научно-исследовательских работ; – публичной речи, аргументации, ведения дискуссий и полемики.
Формы контроля	Текущий контроль – устный опрос, защита реферата. Итоговый контроль – кандидатский экзамен.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Вальяно, М. В. История и философия науки : [учеб. пособие*] / Вальяно Михаил Васильевич ; Финансовый ун-т при Правительстве Рос. Федерации. - М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2012. - 208 с. - (Философия). - Библиогр.: с. 202. - Именной указ.: с. 203-205. - ISBN 978-5-16-005160-4 : («ИНФРА-М») : 245-00.(2012) 2. Лебедев С. А. Философия науки. Учебное пособие. Рекомендовано Редакционно-издательским Советом Российской академии образования в качестве учебного пособия. М.: ЮРАЙТ, 2012. - 288 с. Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57990&razdel=35 3. Лешкевич, Т. Г. Философия науки : учеб. пособие для аспирантов и соискателей ученой степени / Лешкевич Татьяна Геннадьевна ; отв. ред. И. К. Лисеев. - М. : ИНФРА-М, 2010. - 272 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-002338-0 : 135-00.(2010) 4. Островский Э. В. История и философия науки. Учебное пособие Рекомендовано Учебно-методическим центром «Профессиональный учебник» в качестве учебного пособия для студентов и аспирантов высших учебных заведений/М.: Юнити-Дана, 2012. - 161 с. ISBN: 5-238-01133-4. Режим доступа: http://old.biblioclub.ru/118244_Istoriya_i_filosofiya_nauki_Uchebnoe_posobie.html

Дополнительная литература	1. История и философия науки : (философия науки) : [учеб. пособие*] / под ред.: Ю. В. Крянева, Л. Е. Моториной. - М. : Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. - 336 с. : ISBN 978-5-16-002955-9 : ((Альфа-М)) : 153-89.(2008) 2. Новиков А. М. , Новиков Д. А.Методология научного исследования. Рекомендовано Редакционно-издательским Советом Российской академии образования в качестве учебно-методического пособия. М.: Либроком, 2010. - 284 с. Режим доступа: http://old.biblioclub.ru/82773_Metodologiya_nauchnogo_issledovaniya.html 3. Лекции по философии науки : учеб. пособие / под ред. В. И. Пржиленского. - М. - Ростов н/Д : МарТ, 2008. - 544 с. - (Учебный курс). - Библиогр.: с. 501-526. - ISBN 978-5-241-00783-4 : 231-00. 4. Мареева, Е. В. Философия науки : учеб. пособие для аспирантов и соискателей* / Мареева Елена Валентиновна, С. Н. Мареев, А. Д. Майданский ; Московская международная высшая школа бизнеса "МИРБИС" (Ин-т), Московская акад. эко-номики и права. - М. : ИНФРА-М, 2010. - 333 с. - (Высшее образование). - На тит. л.: Рекомендовано к изданию Ученым со-ветом НОУ ВПО "Московская академия экономики и права". - ISBN 978-5-16-003916-9 : 315-00.(2010) 5. Никитич Л. А. История и философия науки. Учебное пособие: Юнити-Дана, 2008. - 336 с. ISBN: 978-5-238-01420-3 Режим доступа: http://old.biblioclub.ru/83294_Istoriya_i_filosofiya_nauki_Uchebnoe_posobie.html
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– http://www.philosophy.ru/lib/ - Философский портал
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– http:// biblioclub.ru/ Университетская библиотека онлайн – http://www.filosof.historic.ru/ - Электронная библиотека по философии – http://www.philosophy.ru/library – Электронная библиотека Института философии РАН – http://www.rsl.ru – Российская государственная библиотека.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН.

Дисциплина	Иностранный язык
№	2.1.2.
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)
Объем занятий, часов	Всего 32
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Лексико-грамматические и стилистические особенности жанров научного стиля изложения в устной и письменной формах 2. Речевые модели описания структур и систем 3. Перевод и реферирование текстов по теме исследования 4. Аннотация текстов по теме исследования на иностранном языке
Наименование практических работ	– Лексико-грамматические и стилистические особенности жанров научного стиля изложения в устной и письменной формах – Речевые модели описания структур и систем – Перевод и реферирование текстов по теме исследования – Аннотация текстов по теме исследования на иностранном языке
Формы самостоятельной работы	– подготовка к практическим занятиям; – выполнение перевода – выполнение реферата – аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – составление двуязычного глоссария по тематике научного исследования
Результаты освоения дисциплины	Знать: – грамматические структуры английского языка, характерные для научно-технической литературы; – иноязычные речевые структуры наиболее часто употребляемые в устной и письменной научной и профессиональной речи; – особенности научного функционального стиля. Уметь: – пользоваться всеми видами речевой деятельности в ситуациях межкультурного профессионального общения в научной сфере; – читать оригинальную литературу на иностранном языке по специальности, опираясь на изученный языковой материал, фоновые страноведческие и профессиональные знания, навыки языковой и контекстуальной догадки.

	Владеть – основами теории перевода (эквивалент и аналог, переводческие трансформации, контекстуальные замены, много-значность слов и т.д.); – орфографической, орфоэпической, лексической и грамматической и стилистической нормами изучаемого языка; – правильным использованием норм во всех видах научной коммуникации в форме устного (монологического / диалогического) и письменного общения.
Формы контроля	Текущий контроль – устный опрос, перевод, реферат. Итоговый контроль – кандидатский экзамен.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Акопова М.А. Английский язык: Учебное пособие для аспирантов и соискателей. — Часть 1 и 2. — СПб.: Издательство Политехнического университета, 2009. — 224 с. 2. Белякова, Е. И. Английский язык для аспирантов : [учеб.пособие] Е. И. Белякова. – СПб. : Антология, 2011. – 224 с. 3. Щавелева, Е. Н. How to make a scientific speech : практикум по развитию умений публичного выступления на англий-ском языке для студентов, диссертантов, научных работников технических специальностей : учеб.пособие / Е. Н. Щавелева. – М. :Кнорус, 2007. – 92 с 4. Белякова, Е. И. Английский язык для аспирантов : [учеб.пособие] Е. И. Белякова. – СПб. : Антология, 2011. – 224 с. 5. Щавелева, Е. Н. How to make a scientific speech : практикум по развитию умений публичного выступления на англий-ском языке для студентов, диссертантов, научных работников технических специальностей : учеб.пособие / Е. Н. Щавелева. – М. :Кнорус, 2011. – 92 с. 6. Савелло, Е. В. (СевКавГТУ). Основы химии. Английский язык для химиков : учеб.пособие / Е. В. Савелло ; Сев-Кав гос. техн. ун-т. – Ставрополь :СевКавГТУ, 2010. – 199 с. 7. Murphy R. Practical Grammar in Use: For Intermediate Students. – Oxford University Press, 2010. 8. Tamzen Armer. Cambridge English for Scientists. – Cambridge University Press 2011. 9. Черенкова Н.И. English for Master’s Degree and Postgraduate Studies: Учебное пособие для подготовки к сдаче канди-датского экзамена / Н.И. Черенкова, О.В. Вессарт, О.А. Нестерова, М.А. Суворова. — СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. 120 с. 10. Английский язык для инженеров : учебник / Т. Ю. Полякова [и др.]. – Изд. 7-е, испр. – М. : Высшая школа, 2010. – 463 с. – Гриф: Рек. МО для технич. спец. – ISBN 978-5-06-006192-5
Дополнительная литература	1. Акопова М.А. Английский язык: Учебное пособие для аспирантов и соискателей. — Часть 1 и 2. — СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007 — 224 с. 2. Английский язык для аспирантов: учеб.-метод. пособие / сост.: Н.А. Ашихманова, В.А. Брылева; ВолГУ,

	Каф. англ. филологии. — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2007. — 128 с. 3. Алехина М.С., Щербакова А.В. / Английский язык: основы теории и практики перевода научно-технической литературы: Учебное пособие / Москва / МИСиС / 2009 4. Английский язык для аспирантов: учеб.-метод. пособие / сост.: Н.А. Ашихманова, В.А. Брылева; ВолГУ, Каф. англ. филологии. — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2009. — 128 с. 5. Ржевская Е.Л., Колчанова Т.А., Никитина О.Л. Английский язык для аспирантов. Учебное пособие. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. — 63с. 6. Лимарева Т.Ф., Лоза В.И., Тхорик В.И. Экзамен по английскому языку: Учебное пособие для аспирантов и соискателей. — Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2009. — 80 с. 7. Кабакчи, В. В. Практика англоязычной межкультурной коммуникации / В. В. Кабакчи. – Санкт-Петербург : Союз, 2009. – 475 с. – (Изучаем иностранные языки). – Библиогр.: с. 471-472. 8. Никульшина Н.Л., Гливенкова О.А. Английский язык для исследователей (English for Researchers): Учебное пособие. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. — 100 с. 9. Ставцева О.А. Английский язык. Учебное пособие для самостоятельной работы аспирантов и соискателей (Самоучи-тель). — Кемерово: ГУ КузГТУ, 2009. — 246 с. 10. Grammar. Обзорные упражнения (Revision Exercises) / Курашвили Е.И., Михалкова В.С. / Английский язык : Основы научного технического перевода: Учебное пособие / Москва / МИФИ / 2009 11. Learn to read science: Курс английского языка для аспирантов : учеб. пособие / [Н. И. Шахова и др.] ; [отв. ред. Е. Э. Бреховских]. – 9-е изд. – Москва : Флинта : Наука, 2009. – 356 с.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– www.problem.net / Аудио книги, видео уроки, статьи и тексты на английском языке. – www.orbislingua.com/ Справочная информация для преподавателей и студентов. – www.langust.ru/ Ресурсы по изучению иностранного языка. – www.humanities.edu/ История на английском языке. – www.tgc.ru/ Каталог Интернет – ресурсов по изучению английского языка (новости, обзоры, курсы, школы, учеба за рубежом). – www.native-english.ru/ Теория: грамматика, фонетика английского языка. Практика: чтение, тексты песен, скорого-ворки, пословицы, идиомы, тесты, игры. Extra: аудиокниги, фильмы. – www.advopro.ru/en/civil-law.htm – Law branches / Accounting/ Business law/ Civil law/ Constitutional law. www.svpvrii.com/comcivlaw.html – www. infolex.narod.ru – www.criminal law.com – www.en.wikipedia.org – http://www.iqlib.ru/book – Алехина М.С., Щербакова А.В. / Английский язык: основы теории и практики перевода научно-технической

	литературы: Учебное пособие / Москва / МИСиС / 2009 – http://www.iqlib.ru/book – Братчиков А.Н. / Избранные математические главы: числа и действия над ними. Функции. Теория вероятностей: Учебное пособие на английском языке / Москва / МАИ / 2011 – http://www.iqlib.ru – Grammar. Обзорные упражнения (Revision Exercises) / Курашвили Е.И., Михалкова В.С. / Английский язык : Основы научного технического перевода: Учебное пособие / Москва / МИФИ / 2012 – http://window.edu.ru – Никульшина Н.Л., Гливенкова О.А. Английский язык для исследователей (English for Researchers): Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2011. – http://lib.mexmat.ru/books/19894 – Learn to Read Science: Курс английского языка для аспирантов и научных работников
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– http://www.nature.com – Nature Communication – Nature nanotechnology – Nature Biotechnology – Nature Chemistry – Nature physics – http://www.tandfonline.com Научные журналы по всем отраслям наук – http://www.sciencemag.org
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН.

Дисциплина	Физика космоса, астрономия			
№	2.1.3.			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часов	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	–	–	72
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Приборы и методы астрофизики 2. Солнце и солнечная система 3. Звезды 4. Основы теоретической астрофизики 5. Галактика 6. Внегалактическая астрономия и элементы космологии 7. Приборы и методы наблюдательной астрофизики и радиоастрономии. 8. Инструменты и методы радиоастрономических наблюдений Солнца 9. Химически пекулярные звезды 10. Звезды предельной светимости 11. Звездные объекты в ИК- и радио-диапазонах 12. Внегалактическая астрономия и основы космологии 13. Физика Солнца			
Наименование практических работ	–			
Формы самостоятельной работы	– Подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – монографии по разделам теоретической и практической астрофизики, истории астрономии; – литературу, включенную в рабочие программы дисциплин; – специализированные обзоры и статьи, подготовленные сотрудниками САО; – методы работы с астрономическими базами данных; схемы доступа к открытым ресурсам астрономической периодической литературы; – устройство, места размещения, оснащение и принадлежность крупнейших наземных оптических и инфракрасных телескопов; – устройство телескопов Цейсс-1000, 6-м БТА, РАТАН-600, структуру, функции и регламентирующие документы службы эксплуатации указанных телескопов;			

	– крупные наблюдательные проекты, выполняемые на крупнейших телескопах и наиболее важные результаты, полученные на них – основы теории аббераций, общие принципы разработки оптических и радиоприборов и специфику разработки и использования навесной аппаратуры на больших современных телескопах – устройство штатных приборов и методы наблюдений; – общие принципы работы современной астрономической светоприемной аппаратуры, методы калибровки и диагностики; – основные источники шумов при регистрации астрономических изображений и методы борьбы с ними; основные методы очистки одно- и двумерных сигналов от шумов. – основные методы очистки одно- и двумерных сигналов от шумов. – принципы обнаружения радиоисточников (отношение сигнал/шум, вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения); – современные методы получения наблюдательных данных (красное смещение, расстояние, светимость, масса) для галактик; – современные технологии получения наблюдательных данных для различных типов массивных звезд; – методы работы с цифровыми астрономическими изображениями (прямые снимки, узкополосные изображения, изображения спектров, интерферограммы); – методы анализа наблюдений; – методы обработки и анализа оптических и инфракрасных наблюдений; – Фурье-методы анализа изображений; – методы радиоастрономических исследований в области радиоинтерферометрии (синтез изображений); – наиболее распространенные численные методы решения систем уравнений, полиномиальных и дифференциальных уравнений; – основные законы, теоретические модели и современные методы исследований и математического моделирования в области астрофизики и звездной астрономии; – способы определения расстояний и пекулярных скоростей, оценки распределения масс и космологических параметров. – способы определения физических параметров массивных звезд. – основные компоненты приходящего радиоизлучения и их вклад на различных радиочастотах; – основные механизмы радиоизлучения; последние достижения в наблюдательной радиоастрономии и космологии. Уметь: – использовать полученные знания для анализа результатов научных исследований и решения практических задач в области физики космоса и астрономии
--	---

	– использовать знания современных проблем и новейших достижений астрофизики в своей научно-исследовательской деятельности; – самостоятельно осуществлять поиск астрономических данных, как в соответствующих базах, так и в открытой части архивов наблюдательных данных; – самостоятельно проводить наблюдения заданного объекта на современных телескопах по различным научным программам в рамках общего наблюдательного сета и в режиме удаленного доступа – корректно получать физические параметры из наблюдений; – получать основные данные с помощью светопринимающей аппаратуры; – использовать современные внегалактические базы данных. – правила использования спектроскопических архивных данных; – использовать всемирные банки информации при проведении исследований; – использовать системы обработки астрономических данных, ресурсы и инструменты виртуальной обсерватории (SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH и пр.). – использовать методики анализа наблюдательных данных, полученных на различных телескопах и приборах; – получать спектрограммы сигналов и обрабатывать их. – обрабатывать изображения, полученные при помощи ПЗС-матриц. – корректно обрабатывать оптические спектры и фотометрические данные; – вычислять основные характеристики случайных величин; – находить корреляционные зависимости; – особенности получения спектроскопических данных с высоким разрешением на телескопах САО РАН ; – общеупотребительные методы моделирования звездных атмосфер; – определять физические параметров массивных звезд. – объяснять наблюдаемые свойства радиоастрономического сигнала на основе многокомпонентного разложения с учетом вклада атмосферы, Солнечной системы, Галактики, внегалактических радиоисточников и космического микроволнового фона; – вычислять распределение энергии в спектре радиоисточника и угловые спектры мощности протяженного излучения; строить простейшие модели радиоизлучающих областей и точечных источников на небесной сфере; Владеть – навыком получения и использования знаний о современных проблемах и новейших достижениях астрофизики в своей научно-исследовательской деятельности – навыком обеспечения наблюдений на современных телескопах по различным научным программам – навыками анализа результатов астрофизических исследований; – основными видами вычислений в среде MatLab и/или открытых аналогах.
--	---

	– одним или несколькими математическими пакетами и/или языками программирования на уровне, достаточном для проведения базовых манипуляций с научными изображениями. – способами качественной и количественной оценки точности результатов. – методами статистической обработки данных; – современными методами и программным обеспечением анализа радиоастрономических данных, включающими калибровку наблюдательных данных, получение физических характеристик объектов, моделирование механизмов излучения, графический анализ данных; – навыками применения новой аппаратуры, оборудования, информационно-коммуникационных и цифровых технологий с учетом новейшего отечественного и зарубежного опыта; – пакетами обработки спектроскопических данных; – навыками работы с современными внегалактическими базами данных; – навыками в обработке фотометрических спектроскопических оптических и инфракрасных наблюдений массивных звезд; – методами моделей атмосфер в приближении ЛТР. – навыками определения расстояний до галактик по обрыву вершины ветви красных гигантов; – методологией выделения структур в распределении галактик и определения их физических свойств. – методиками анализа фотометрических наблюдений на переменность массивных звезд; – основными методами определения физических параметров массивных звезд на основе сравнения модельных и наблюдаемых характеристик;
Формы контроля	Текущий контроль программой не предусмотрен. Итоговый контроль – кандидатский экзамен по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Алтынцев А.Т., Кашапова Л.К. Введение в радиоастрономию Солнца. Иркутск, Изд-во ИГУ, 2014. 2. Белл Р.Дж. Введение в Фурье-спектроскопию. М., Мир, 1975. 3. Верхованов О.В., Парийский Ю.Н., Радиогалактики и космология. М., Физматлит, 2009. 4. Воронцов-Вельяминов Б.А. «Внегалактическая астрономия». М., Наука, 1978 5. Горбачкий В. Г. Введение в физику галактик и скоплений галактик. М., Физматгиз, 1986, 256 с. 6. Горбунов Д.С., Рубаков В.А, Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория. М., КРАСАНД, 2010, 568 с. 7. Горбунов Д.С., Рубаков В.А. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. М., ЛКИ, 2008, 552с. 8. Гоффмейстер К., Рихтер Г., Венцель В.. Переменные звезды. М., Наука, 1990. 9. Грей Д. Наблюдения и анализ звездных фотосфер. М., Мир, 1980.

10. Грей Д.. Наблюдения и анализ звездных фотосфер. М., Мир, 1980
11. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М., изд-во МГУ, 1988
12. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. М., Наука, 1973
13. Железняков В.В. Излучение в астрофизической плазме. Гл. 4,5,6,7. М., Наука, 1997.
14. Железняков В.В. Электромагнитные волны в космической плазме. Гл. 1,3,4,6. М., Наука, 1977.
15. Зайдель А.Н., Островская Г.В., Островский Ю.И. Техника и практика спектроскопии. М., Наука, 1972.
16. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. Фрязино, 2006, 496 с.
17. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной. М., 1975.
18. Итоги науки и техники, т.18, М., ВИНТИ, 1981 (обзоры Засова, Аракеляна).
19. Итоги науки и техники, т.31, М., ВИНТИ, 1986 (обзоры Зельдовича, Струкова, Парийского).
20. Каплан С.А., Пикельнер С.Б. «Физика межзвездной среды». М., Наука, 1979
21. Каплан С.А., Цытович В.Н. Плазменная астрофизика. Гл. 2. М., Наука, 1972.
22. Караченцев И.Д. Двойные галактики. М., Наука, 1987.
23. Конникова В.К., Лехт Е.Е., Силантьев Н.А., Практическая радиоастрономия. М., Изд-во МГУ, 2011, 340с.
24. Краус Дж., «Радиоастрономия», М., Сов.Радио, 1972
25. Крупномасштабная структура Вселенной. /Ред. Лонгейр М., Эйнасто Я. М., Мир, 1981.
26. Крюгер А. Солнечная радиоастрономия и радиофизика. М., Мир, 1984.
27. Куликовский П.Г., «Звездная астрономия», М., Наука, 1985
28. Липунов В.М.. Астрофизика нейтронных звезд. М., Наука, 1987.
29. Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий. М., Мир, 1984
30. Лукаш В.Н., Михеева Е.В. Физическая космология. М., Физматлит, 2010. 404 с.
31. Манчестер Р., Тейлор Дж. «Пульсары». М., Мир, 1980
32. Марочник Л.И., Сучков А.А., «Галактика», М., Наука, 1986
33. Мартынов Д.Я., «Курс общей астрофизики», М., Наука, 1988
34. Мартынов Д.Я., «Курс практической астрофизики», М., Наука, 1977
35. Масевич А.Г., Тутуков А.В. Эволюция звезд: теория и наблюдения. М, Наука, 1988.
36. Михалас Д. «Звездные атмосферы». М., Мир, 1982
37. Москаленко Е.И. «Методы внеатмосферной астрономии». М., Наука, 1984
38. Насельский П.Д., Новиков Д.И., Новиков И.Д.. Наблюдательные основы современной космологии. М., Наука, 2003, 390 с.
39. Пахольчик А. «Радиогалактики». М., Мир, 1980
40. Пибблс Дж. Структура Вселенной в больших масштабах, пер. с англ. М., Мир, 1983.
41. Присли Е. «Солнечная магнитодинамика». М., Наука, 1981
42. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. Пер. с англ. Гл. 7,8,9,10. М., Мир, 1985.

	43. Происхождение и эволюция галактик и звезд. / Ред. Пикельнер С.Б. М., Наука. 1976. 44. Розенберг Г.В. Вектор–параметр Стокса (Матричные методы учета поляризации излучения в приближении лучевой оптики). УФН, т. LVI, вып. 1, с.77-110, 1955. 45. Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д., Шукуров А.М., «Магнитные поля галактик». М., Наука, 1988 46. Саслау Ч. Гравитационная физика звездных и галактических систем. М., 1989 47. Сим Э., Триттон К. Детекторы слабого излучения в астрономии. М., Мир, 1986. 48. Соболев В.В., «Курс теоретической астрофизики». М., Наука, 1985 49. Спитцер Л.. Физические процессы в межзвездной среде. М., Мир, 1981 50. Томпсон Р., Моран Дж., Свенсон Дж. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии. М.: Мир, 1989 51. Уокер Г. Астрономические наблюдения. М., Мир, 1990. 52. Христиансен У., Хегбом И. «Радиотелескопы». М., Мир, 1988 53. Шапиро С.А., Тьюколски С.А. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. М., Мир, 1985 54. Шаров А.С. Туманность Андромеды. М., Наука, 1982. 55. Шерклифф У. Поляризованный свет. М., Мир, 1965, 274 с. 56. Щеглов П.В., «Проблемы оптической астрономии». М., Наука, 1986 57. Ягер К. Де. Звезды наибольшей светимости. М., Мир, 1984.
Дополнительная литература	1. Барышев Ю.В., Теерикорпи П. Фрактальная структура Вселенной. Очерк развития космологии. Нижний Архыз, САО РАН, 2005 2. Галактики. / Сб. под ред. Сурдина В.Г.- М.: Физматлит, 2013. 3. Звезды. Сборник/ Ред.-сост. Сурдин В.Г. изд. 2-е, испр. и доп. М.: Физматлит, 2009., 4. Ключкова В.Г., Исследование физики и эволюции звезд на 6-м телескопе БТА. Астрофизический бюллетень, Т.67, №4, с.399-428, 2012. 5. Космические мазеры. / Сб. под ред. Слыша В.И. М.: Мир, 1973. 6. Рольфе К. «Лекции по теории волн плотности» М., Мир, 1980. 7. Романюк И.И. Магнитные СР-звезды Главной последовательности II. Физические параметры и химический состав атмосфер. Астрофизический бюллетень, Т.62, №1, с.72-101, 2007. 8. Романюк И.И. Магнитные СР-звезды Главной последовательности III. Результаты измерений магнитных полей, Астрофизический бюллетень, Т.65, №4, с.368-402, 2010. 9. Романюк И.И. Магнитные СР-звезды главной последовательности. I. Методы диагностики магнитных полей. Бюлл. Спец. астрофиз. обсерв., Т.58, с.64-69, 2005. 10. Романюк И.И., Кудрявцев Д.О., Семенко Е.А. Магнитные поля химически пекулярных звезд. II: Магнитные поля и вращение звезд с сильными и слабыми аномалиями в распределении энергии в континууме. Астрофизический бюллетень, Т.64, №3, с.247-271, 2009. 11. Романюк И.И., Семенко Е.А., Кудрявцев Д.О. Результаты измерений магнитных полей СР-звезд,

	выполненных на 6-м телескопе. I. Наблюдения 2007 года. Астрофизический бюллетень, Т.69, №4, с.451-463, 2014. 12. Рудницкий Г.М. Конспект лекций по курсу «Радиоастрономия». Нижний Архыз, Изд. CYGNUS, 2001, 208с. 13. Сомов Б.В. Космическая электродинамика и физика Солнца. М., Изд-во МГУ, 1993, 287с. 14. Специальная Астрофизическая Обсерватория РАН: 40 лет. Сборник/ Ред. Балега Ю.Ю.-Нижний Архыз, САО РАН, 2006. 15. Трушкин С.А. Наблюдения и теория радиоизлучения звезд. Лекции для студентов-практикантов. САО, 2001. 16. Уилсон Т., Рольфс К., Хюттемейстер С. Инструменты и методы радиоастрономии, перевод с англ. под ред. Трушкина С.А. (при участии Верходанова О.В.), 5-е издание. М., Физматлит, 2012, 567с. 17. Физика космоса. / Ред. Р.А. Сюняев и др. 2-е изд., перераб. и доп. М., Сов. энциклопедия, 1986, 783 с. 18. Ядерная астрофизика. / Ред. Барнс Ч., Клейтон Д., Шрамм Д. –М.: Мир, 1986. 19. Bogod V.M., Stupishin A.G., Yasnov L.V. On Magnetic Fields of Active Regions at Coronal Heights. Solar Phys., 276, 61, 2012 20. Galactic and Extragalactic radio astronomy, Eds. Gerrit L. Verschuur, Kenneth I. Kellermann.-Springer New York, 1988. 21. ISO's view on stellar evolution. Astrophys. Space Sci., v.255, 1997/1998. 22. Mediavilla E. et al. 3D Spectroscopy in Astronomy, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2011. 23. Proceedings of Nobeyama Symposium, NBO Report 479, «Solar physics with radio observations», ed. by T.Bastian, N.Gopalswamy and K.Shibasaki, December 1999. 24. S.Kwok. Proto-planetary nebulae. Ann. Rev. Astron. Astrophys., vol.31, p.63. 25. Struck C., Galaxy collisions, Physics Reports, Vol. 321, No. 1 - 3, p. 1 – 137. 26. Trippe S. Polarization and polarimetry: a review, Journal of the Korean Astronomical Society, v.47, pp. 15-39, 2014. 27. van der Veen V.E.C.J., Habing H.J. The IRAS two-colour diagram as a tool for studying late stages of stellar evolution. Astron. Astrophys., vol.194, p.125. 1988. 28. 29.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – Астрофизическая информационная система ADS: https://ui.adsabs.harvard.edu/
Информационные технологии, программное	– База данных HyperLeda: http://leda.univ-lyon1.fr/ – База данных по внегалактическим объектам NED: http://ned.ipac.caltech.edu/

обеспечение и информационно справочные системы	– База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER: http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS: http://www.sdss.org/ – Архив обзора неба Pan-STARRS: https://outerspace.stsci.edu/display/PANSTARRS/
Материально-техническое обеспечение	– компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН.

Дисциплина	Наблюдения галактик			
№	2.1.4.			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	25		47
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Начальный этап внегалактической астрономии. Закон Хаббла. Методы измерения расстояний до галактик. 2. Каталоги и типы галактик: история и современный подход. Морфология галактик: распределение яркости, диски, балджи, псевдобалджи. 3. Газ в галактиках: атомарный водород, молекулярный и ионизованный. Измерение химсостава. 4. Параметры звездного населения галактик: фотометрия и спектроскопия. Пыль в галактиках. 5. Кинематика и динамика галактик: дисперсия скоростей, динамическая масса, темная материя. Некруговые движения. 6. Звздообразование: индикаторы его темпа и эффективности. Воздействие на окружающий газ. Инициированное звездообразование. Галактический ветер. Главная последовательность галактик. 7. Наблюдательные проявления активности галактических ядер. Унифицированная схема. Сверхмассивные чёрные дыры, методы оценки их масс. 8. Взаимодействия галактик, большие и малые слияния. Галактики со столкновительными и полярными кольцами, приливные карликовые галактики. 9. Группы и скопления галактик. Горячий “рентгеновский” газ. Центральные галактики скоплений. Эффект Сюняева-Зельдовича. 10. Обзоры галактик от рентгена до радио. Спектральные обзоры, включая 3D-спектроскопию.			

	11. Эволюция галактик. Рассогласование наблюдений и расчетов LCDM. Аккреция газа. Изменение параметров галактик с красным смещением, остановка звездообразования, обратные связи.
Наименование практических работ	– Данный вид работы программой не предусмотрен.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – учебную, методическую и научную литературу по тематике исследования; – методы работы с астрономическими базами данных; схемы доступа к открытым ресурсам астрономической периодической литературы; – основные этапы обработки спектральных данных; – методики анализа наблюдений; – алгоритмы построения научного исследования; – формальные и этические нормы проведения научных изысканий. Уметь: – использовать современные индексируемые базы данных научных публикаций; – эффективно использовать информационные технологии; – анализировать и делать выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; – самостоятельно осуществлять поиск астрономических данных. Владеть: – основными методами статистической обработки данных; – современными методами исследования астрофизических явлений и процессов; – навыками анализа результатов астрофизических исследований; – методами проведения научной дискуссии; – культурой системного научного мышления.
Формы контроля	Текущий контроль – опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Засов А. В., Постнов К. А. Общая астрофизика. 2-е изд. испр. и дополн. — Фрязино: Век 2. 2011. — 576 с. ISBN 978-5-85099-188-3.; 2. Сильченко, О. К. Происхождение и эволюция галактик / под ред. В. Г. Сурдина. — Фрязино: Век 2, 2017. —

	224 с. ISBN 978-5-85099-196-8. Sparke L.S., Gallagher S., <i>Galaxies in the Universe</i>, 2007.; 3. Решетников В.П. Р47. Поверхностная фотометрия галактик: Учеб. пособие. — СПб.: СПбГУ, 2002. - 152 с. ISBN 5-87403-029-8. Пилюгин Л. С., Ионизованный газ в галактиках: физическое состояние и химический состав, 2013.; 4. Сильченко О.К. Эмпирические сценарии эволюции галактик / Сильченко О.К. // Успехи физ. наук. — 2022. — Т. 192, № 12. — С. 1313-1338. — DOI: 10.3367/UFNr.2022.09.039239.; 5. Osterbrock D.E., Ferland G.J., <i>Astrophysics of gaseous nebulae and active galactic nuclei</i>, 2nd. ed. by D.E. Osterbrock and G.J. Ferland. Sausalito, CA: University Science Books, 2006.
Дополнительная литература	1. Бурнашёв В.И. Фотометрия и спектрофотометрия звёзд и галактик / Бурнашев В.И., Бурнашева Б.А. — Симферополь: Антиква, 2016. — 379 с. , [2] л. цв. ил. ил., карт.; 21. — ISBN 978-5-9907857-2-4.; 2. Моисеев А.В. Сканирующий интерферометр Фабри-Перо на 6-м телескопе САО РАН = Scanning Fabry-Perot Interferometer of the 6-m SAO RAS Telescope / Моисеев А.В. = Moiseev A.V. // Астрофиз. бюл. = Astrophys. Bull. — 2021. — Т. 76 = Vol. 76, № 3 = N. 3. — С. 380-406 = P. 316-339. — DOI: 10.1134/S1990341321030081. 3. Сильченко О. К. Галактики в первый миллиард лет расширения Вселенной / Сильченко О.К. // Успехи физ. наук. — 2025. — Т. 195, № 2. — С. 188-198. — DOI: 10.3367/ufnr.2024.11.039810.; 4. Засов А.В. Тёмная материя в галактиках / Засов А.В., Сабурова А.С., Хоперсков А.В., Хоперсков С.А. // Успехи физ. наук. — 2017. — Т. 187, № 1. — С. 3-4. — DOI: 10.3367/UFNr.2016.03.037751. 5.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– The AGN Black Hole Mass Database, http://www.astro.gsu.edu/AGNmass/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – Европейская поисковая и информационная база астрофизических и астрономических данных http://cdsweb.u-strasbg.fr/ – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org/
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Специальное программное обеспечение не требуется.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных;

	– текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН
--	--

Дисциплина	Двойные звезды			
№	2.1.5.			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часов	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	22	16	34
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Элементы орбиты визуальной двойной. Наблюдения двойных двойных. Определение масс. Метод динамического параллакса. Вычисление визуальной орбиты: уравнения эллиптического движения, преобразование координат. Методы улучшения углового разрешения: метод удачных экспозиций, адаптивная оптика, спекл-интерферометрия. 2. Элементы орбиты спектральной двойной, моделирование кривой лучевых скоростей. Функция масс и ограничение массы невидимой компоненты. Эффект Росситера--Маклафлена, определение $V \sin(i)$ и ориентации оси вращения звезды. Комбинация методов моделирования визуальной орбиты и лучевых скоростей. 3. Измерения лучевых скоростей: кросс-корреляция, метод уширяющей функции, LSD (Least Square Deconvolution). Астрофизические ограничения: грануляция, пульсации, магнитная активность. Методы прецизионных измерений: I2-ячейка, параллельный спектр калибровочной лампы. 4. Затменные двойные. Синтез кривой блеска: алгоритмы вычисления кривой блеска с учетом и без учета потемнения диска к краю. Алгоритм вычисления кривой блеска двойной с эксцентрической орбитой. Наблюдательные особенности двойных с эксцентрической орбитой. 5. Вращение линии апсид: приливная деформация компонент, третье тело, эффекты ОТО. Определение скорости вращения линии апсид, диаграммы О-С. Определение внутренней структуры компонент двойной системы. Определение массы третьего тела. 6. Приливная циркуляризация орбит и синхронизация вращения. Изменение орбитального периода в системах с изотропной потерей массы и в системах с консервативным обменом масс. Определение векового изменения периода на основе диаграмм О-С. 7. Двойные системы с эффектами взаимной близости. Определение фигур звезд в составе двойных систем. Поверхности нулевой скорости и интеграл Якоби. Гравитационное потемнение. Эффекты отражения, расчет облучаемых атмосфер. Эффекты отражения в рентгеновских двойных. Синтез кривых блеска и спектров. Учет магнитной активности компонент. 8. Обмен массами в полуразделенных двойных системах. Траектория аккреционной струи. Условие			

	формирования аккреционного диска и радиус циркуляризации. Эволюционные проявления аккреции: парадокс алголей, голубые странники. 9. Аккреционные диски. Пограничный слой. Приливной радиус аккреционного диска. Гидродинамика тонких аккреционных дисков, α-диски Шакуры-Сюняева. Синтез спектра аккреционного диска. Прямая и ретроградная прецессия аккреционного диска. 10. Определение параметров затменных катаклизмических переменных и LMXB. Допплеровская томография и затменное картирование. Определение лучевых скоростей аккретора методом Шафтера. 11. Аккреция на замагниченную звезду. Аккреционная колонна. Гидродинамика аккреционных колонн. Вычисление структуры аккреционной колонны и синтез ее спектра. Квазипериодические осцилляции. 12. Практическое занятие: моделирование кривой блеска и кривой лучевых скоростей двойной системы. 13. Практическое занятие: периодограммный анализ и анализ диаграмм О-С различных типов двойных систем. 14. Практическое занятие: моделирование рентгеновского спектра аккрецирующей двойной.
Наименование практических работ	– Тема 12. Практическое занятие: моделирование кривой блеска и кривой лучевых скоростей двойной системы. – Тема 13. Практическое занятие: периодограммный анализ и анализ диаграмм О-С различных типов двойных систем. – Тема 14. Практическое занятие: моделирование рентгеновского спектра аккрецирующей двойной.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – методы определения параметров визуальных, спектральных и затменных двойных систем. – способы повышения углового разрешения в наземных наблюдениях и точности доплеровских измерений. – основы моделирования аккреционных дисков и аккреционных колонн. – методы синтеза кривых блеска и спектров разделенных, полуразделенных и контактных двойных систем. – элементы теории эволюции двойных систем. Уметь: – проводить сбор фотометрических данных ультрафиолетовых, оптических и инфракрасных обзоров (GALEX, ZTF, PTF, SDSS, Pan-STARRS, GAIA, WISE). – пользоваться методами линейной и нелинейной регрессии для анализа данных астрономических наблюдений.

	– проводить периодограммный анализ и анализ О-С диаграмм, реализовывать простые алгоритмы синтеза кривых блеска и спектров двойных систем. Владеть: – методами визуализации данных средствами библиотеки matplotlib. – математическими методами программных библиотек numpy, scipy и astropy. – методами анализа рентгеновских спектров, реализованных в программе Xspec пакета HEASOFT. Методами моделирования кривых блеска и лучевых скоростей двойных систем, реализованных в библиотеке PHOEBE.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. А.М. Черепашук. Тесные двойные звезды. Часть I. – М.: Физматлит, 2013. 2. А.М. Черепашук. Тесные двойные звезды. Часть II. – М.: Физматлит, 2013. 3. В.П. Цесевич (ред). Затменные переменные звезды. – М.: Наука, 1971. 4. Д.В. Бисикало, А.Г. Жилкин, А.А. Боярчук. Газодинамика тесных двойных звезд. – М.: Физматлит, 2016. 5. Дж. Е. Прингл, Р.А. Уэйд (ред.). Взаимодействующие двойные звезды. – М.: Физматлит, 1993. 6. B. Warner. Cataclysmic Variable Stars. – Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1995. 7. J. Frank, A. King, D. Raine. Accretion Power in Astrophysics: Third Edition. – Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2002. 8. A. Prsa. Modeling and Analysis of Eclipsing Binary Stars. The Theory and design principles of PHOEBE. – IOP Publishing, Bristol, UK, 2018. 9. А.А. Токовинин, П.В. Щеглов. Проблема достижения высокого разрешения в наземной оптической астрономии. УФН, 129, 645 (1979). 10. J. Pringle, A. King. Astrophysical flows. – Cambridge Univ. Press, 2007. 11. P. Eggleton. Evolutionary processes in binary and multiple stars. – Cambridge Univ. Press, 2006. 12. S. Chaty. Accreting Binaries. Nature, formation, and evolution. – IOP Publishing, Bristol, UK, 2022.
Дополнительная литература	1. П. Куто. Наблюдения визуально-двойных звезд. – М.: Мир, 1981. 2. А.В. Гончарский, А.М. Черепашук, А.Г. Ягола. Численные методы решения обратных задач астрофизики. – М.: Наука, 1978. 3. В.М. Липунов. В мире двойных звезд. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 4. А.М. Фридман, Д.В. Бисикало. Природа аккреционных дисков тесных двойных звезд: неустойчивость свехотражения и развитая турбулентность. УФН, 178, 577 (2008). 5. C. Knigge, I. Baraffe, J. Patterson. The Evolution of Cataclysmic Variables as Revealed by Their Donor Stars. ApJS, 194, 28 (2011). 6. M. Cropper. The Polars. SSRv, 54, 195 (1990).

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS: http://www.sdss.org/ – Инфракрасный научный архив: https://irsa.ipac.caltech.edu/frontpage/
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Специализированные астрономические python-библиотеки astropy, phoebe. Пакет обработки и анализа рентгеновских данных HEASOFT.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН; – маркерная доска.

Дисциплина	Компьютерная обработка результатов измерений			
№	2.1.6.			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часов	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	14	38	20
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Общие сведения об измерениях. Виды сигналов. Обзор методов анализа сигналов 2. Статистика и вероятность. Случайные величины и распределения 3. Теория физических измерений. Систематические и случайные погрешности 4. Теория оценок 5. Системы линейных уравнений. Степенные уравнения. Дифференциальные уравнения 6. Анализ временных рядов. Фурье и вейвлет-анализ			

	7. Обработка изображений
Наименование практических работ	– Тема 2. Статистика и вероятность. Случайные величины и распределения – Тема 3. Теория физических измерений. Систематические и случайные погрешности – Тема 4. Теория оценок – Тема 5. Системы линейных уравнений. Степенные уравнения. Дифференциальные уравнения – Тема 6. Анализ временных рядов. Фурье и вейвлет-анализ измеренных спектральных линий. – Тема 7. Обработка изображений
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – наиболее распространенные численные методы решения систем уравнений, полиномиальных и дифференциальных уравнений; – основные методы очистки одно- и двумерных сигналов от шумов. Уметь: – вычислять основные характеристики случайных величин; – находить корреляционные зависимости; – получать спектрограммы сигналов и обрабатывать их. Владеть – одним или несколькими математическими пакетами и/или языками программирования на уровне, достаточном для проведения базовых манипуляций с научными изображениями.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Основы теории вероятностей и математической статистики: учебник. / Балдин К.В., Башлыков В.Н., Рукосуев А.В. - М.: Флинта: МПСИ, 2010, 487с. 2. Новейшие методы обработки изображений. / Потапов А.А. и др. - М.: Физматлит, 2008, 496с. 3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов.- Изд. 7-е, стер.- М.: Высш. шк., 2001.- 479с. 4. Говорухин В., Цибулин В. Компьютер в математическом исследовании. Учебный курс.- СПб.: Питер, 2001.- 624с.

	5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов.- СПб.: Питер, 2005.- 604с. 6. Чен К., Джиблин П., Ирвинг А. MATLAB в математических исследованиях: Пер. с англ. - М.: Мир, 2001.- 346с. 7. R. Gonzalez, R. Woods. Digital image processing, 4th edition. Hardback; 4th; New York City, NY: Pearson, 2017-03; ISBN-13: 978-0133356724 8. Солонина, А.И. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB/ А.И. Солонина. - СПб.: BHV, 2018. - 560 с.
Дополнительная литература	1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. - М.: Высш. шк., 1987.- 630с. 2. Кнут Д.Э. Все про TeX./ Пер. с англ. М. В. Лисиной.- Протвино: АО RDTex, 1993.-592с.: ил. 3. Львовский С.М. Набор и верстка в системе LaTeX.- 3-е изд., испр. и доп.- М.: МЦНМО, 2003.- 448с. 4. Pan G.W. Wavelets in electromagnetic and device modeling.-John Wiley & Sons, Inc., Hobocen, New Jersey, 2003.- 531p. 5. Воробьев, С.Н. Цифровая обработка сигналов / С.Н. Воробьев. - М.: Academia, 2018. - 64 с. 6. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab. Учебное пособие для ВУЗов. 2020. ISBN 978-5-9912-0884-0.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/ – Документация к Matlab на русском: https://docs.exponenta.ru/ – Онлайн ресурсы «Вольфрам математика» https://www.wolframalpha.com/widgets/ – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Операционная система: GNU/Linux (Альт Линукс, Calculate, «РОСА» или другой дистрибутив GNU/Linux из росреестра). – Пакет символьных вычислений Maxima. – Комплексный математический пакет Octave. – Специализированный пакет обработки астрономических изображений MIDAS. – Библиотеки для построения графиков gnuplot, MathGL. – Макропакет для оформления научных результатов LaTeX - texlive.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер;

	– выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН
--	--

Дисциплина	Астрономические светоприемники			
№	2.1.7.			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часов	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	8	14	14
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Одноканальные светоприемники. 2. Усилители сигнала (ЭОП); телевизионные светоприемники. 3. Фотодиодные светоприемники, координатно-чувствительные устройства. 4. Матричные полупроводниковые светоприемники: ПЗС и КМОП			
Наименование практических работ	– Тема 1. Одноканальные светоприемники. – Тема 3. Фотодиодные светоприемники, координатно-чувствительные устройства. – Тема 4. Матричные полупроводниковые светоприемники: ПЗС и КМОП.			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – физический принцип работы наиболее распространенных видов светоприемной аппаратуры; – основные источники шумов при регистрации астрономических изображений и методы борьбы с ними. Уметь: – получать основные данные с помощью светоприемной аппаратуры; – обрабатывать изображения, полученные при помощи ПЗС-матриц. Владеть			

	– основными видами вычислений в среде MatLab и/или открытых аналогах.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов. / Гусев В.Г., Гусев Н.М. - Изд. 5-е, стер. М.: Высш. шк., 2008, 797с. 2. Современная астрометрия. / Ковалевский Ж., Жаров В.Е. - Фрязино: Век 2, 2004, 478с. 3. Ipson S. S. et al. Visions and image sensors. – CRC Press LLC, 1999. 4. McLean, I. S. Electronic imaging in astronomy. Detectors and instrumentation / I. S. McLean. – 2nd edition. – Springer-Praxis, 2008. – Electronic imaging in astronomy. Detectors and instrumentation (Second edition), Publisher: Springer, 2008, 576 p. Series Springer-PRAXIS books in astronomy and planetary sciences. Published in association with Praxis Publishing, Chichester. ISBN 978-3-540-76582-0. 5. Scientific Detectors for Astronomy 2005 / Ed. by J. E. Beletic, J. W. Beletic, P. Amico. – 2006, 825p. 6. Вишневецкий Г. И., Булгаков А. Г., Выдревич М. Г. Матрицы приборов с зарядовой связью // Электронная промышленность. – 1992. – Т. 2. – С. 37. 7. G.H. Rieke. Detection of Light. Cambridge University Press; 3rd edition, 2021. ISBN: 9781107124141.
Дополнительная литература	1. W. Romanishin. An Introduction to Astronomical Photometry Using CCDs. – 2006, 175p. 2. Asano A. MOS sensors continue to improve their image // Advanced Imaging. – 1989. – Vol. 11. – P. 42–44. 3. Boyle W. S., Smith G. E. Charged coupled semiconductor devices // Bell System Technical Journal. – 1970. – Vol. 49. – P. 587–593. 4. Nemiroff R. J., Rafert B. Toward a continuous record of the sky // Publ. Astron. Soc.Pacific. – 1999. – Vol. 111. – P. 886–897. 5. Борисенко А. Н., Маркелов С. В., Рядченко В. – Нижний Архыз, 1991. — 21 с. – (Препринт CAO РАН.; 76). 6. Рядченко В. П. Разработка ПЗС-систем и их применение в фотометрических и спектральных исследованиях на 6-м телескопе: Дисс. канд. физ.-мат. наук / В. П. Рядченко; CAO РАН. – Нижний Архыз, 1992. 7. Спектральный комплекс фокуса Нэсмита 6-м телескопа БТА. Х.Позиционные и фотометрические характеристики кварцевого эшелле-спектрографа НЭС с крупноформатной матрицей «Уппсала ПЗС» / В. Е. Панчук, Н. Е. Пискунов, В. Г. Ключкова и др. – Нижний Архыз, 2002. – 15 с. – (Препринт CAO РАН.; 169). 8. D.W. Olson. Investigating Art, History, and Literature with Astronomy... Springer, 2022. ISBN: 3030955532.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR

	– Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– пакет Octave; – компилятор gcc; – утилиты получения изображений с ПЗС-светоприемников, SDK (software development kit) производителей ПЗС.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	Физика массивных звезд			
№	2.1.8.			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	14	4	18
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Типы массивных звезд. 2. Основные наблюдаемые характеристики массивных звезд. 3. Особенности строения звездных атмосфер массивных звезд. 4. Массивные звезды в других галактиках 5. Эволюция массивных звезд 6. Потеря массы массивными звездами. 7. Новые и Сверхновые звезды.			
Наименование практических работ	– Тема 3. Особенности строения звездных атмосфер массивных звезд. – Тема 7. Новые и Сверхновые звезды.			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий;			

	– конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – современные технологии получения наблюдательных данных для различных типов массивных звезд; – методы обработки и анализа оптических и инфракрасных наблюдений; – способы определения физических параметров массивных звезд. Уметь: – использовать методики анализа наблюдательных данных, полученных на различных телескопах и приборах; – использовать всемирные банки информации при проведении исследований; – корректно обрабатывать оптические спектры и фотометрические данные; – определять физические параметров массивных звезд. Владеть – навыками в обработке фотометрических спектроскопических оптических и инфракрасных наблюдений массивных звезд; – методиками анализа фотометрических наблюдений на переменность массивных звезд; – основными методами определения физических параметров массивных звезд на основе сравнения модельных и наблюдаемых характеристик; – способами качественной и количественной оценки точности результатов.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Уокер Г., Астрономические наблюдения, 1990, М: Мир. 2. Засов А.В., Постнов К.А., Общая астрофизика, 2006, М. Фрязино: Век. 3. Фортов В.Е., Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе: Уч. пос., 2008, М. Физматлит. 4. Massive Stars: Fundamental parameters and circumstellar interactions: Proc. Conf., 2006, Ed. By Paula Benaglia et al., Mexico, 2008. 5. К. де Ягер, Звезды наибольшей светимости, 1984, М: Мир. 6. Weis, K.; Bomans, D.J. Luminous Blue Variables. <i>Galaxies</i> 2020, 8, 20. https://doi.org/10.3390/galaxies8010020 7. L. R. Yungelson, E. P. J. van den Heuvel, Jorick S. Vink, S. F. Portegies Zwart, A. de Koter. On the evolution and fate of super-massive stars (англ.) // <i>Astronomy & Astrophysics</i>. — 2008-01-01. — Vol. 477, iss. 1. — P. 223–237. — ISSN 1432-0746 0004-6361, 1432-0746. — doi:10.1051/0004-6361:20078345.

Дополнительная литература	1. Шаров А.С., Туманность Андромеды, 1982, М, Наука 2. Бисноватый-Коган Г.С., Физические вопросы теории звездной эволюции, 1989, М: Наука 3. R. M. Lau, T. L. Herter, M. R. Morris, J. D. Adams. Nature versus nurture: luminous blue variable nebulae in and near massive stellar clusters at the galactic center (англ.) // The Astrophysical Journal. — 2014-04. — Vol. 785, iss. 2. — P. 120. — ISSN 0004-637X. — doi:10.1088/0004-637X/785/2/120. 4. Vink, Jorick S. (2012). "Eta Carinae and the Luminous Blue Variables". Eta Carinae and the Supernova Impostors. Eta Carinae and the Supernova Impostors. Astrophysics and Space Science Library. Vol. 384. pp. 221–247.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	Специальное программное обеспечение не требуется
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	Наблюдательная радиоастрономия			
№	2.1.9.			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	28	24	20
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Радиотелескопы (отклик антенны на радиоизлучение, формирование изображения, преобразование Фурье, теоремы отсчетов). Параметры радиотелескопа (Главный и боковые лепестки, разрешение). Типы радиотелескопов (классификация, одиночные зеркала и интерферометры). Радиотелескопы широкого назначения. Антенна Карла Янского. Антенна Гроута Ребера. Интерферометр Мартина Райла. Кембриджский интерферометр. Радиотелескоп Энтони Хьюиша. Интерферометр АМІ. Радиотелескоп РАТАН-600. Радиотелескопы обсерваторий Метсахови, Эффельсберг, Оуэнс-Вэлли (Owens Valley Radio Observatory, OVRO). Большая антенная решетка (Very Large Array -VLA, США). Радиотелескопы FAST и Арецибо. Вестерборкский радиотелескоп. Телескоп в Грин Бэнке. Низкочастотная решетка LOFAR. Атакамская большая миллиметровая /субмиллиметровая решетка (ALMA). Интерферометр площадью квадратный км (SKA). Специализированные радиотелескопы для исследования реликтового излучения. Антенна Пензиаса и Вильсона. Спутник COBE. Интерферометр DASI (Degree Angular Scale Interferometer). Интерферометр CBI (Cosmic Background Imager). Баллонный инструмент BOOMERanG. Баллонный инструмент MAXIMA. Атакамский космологический телескоп. Южный полярный телескоп (SPT). Космическая миссия WMAP. Космическая миссия Planck. 2. Интерферометрический синтез в радиоастрономии. Простейший интерферометр. Восстановление изображений. Алгоритм CLEAN. Метод максимальной энтропии. 3. Приемники радиоизлучения. Основные схемы радиометров. Шумовая температура и чувствительность радиометров. 4. Наблюдения в радиоконтинууме. Радиоизлучение атмосферы. Обработка данных и их интерпретация. 5. Солнечная и звездная радиоастрономия (солнечная активность, солнечный ветер, фотосфера, хромосфера, корона). 6. Радиоизлучение Луны и планет. 7. Микрокварзы — двойные рентгеновские звезды со струйными выбросами. Радиогалактики и квазары. Исследования радиогалактик в России. Ярчайшие радиогалактики (Лебедь А, Центавр А, Дева А). Основные каталоги радиоисточников. Базы данных радиоисточников (CATS, NED, SIMBAD). Механизмы излучения и радиоспектры галактик. Морфологические особенности радиогалактик (Ядро, протяженные структуры, джеты, горячие пятна). Центральная машина радиогалактик и феномен сверхмассивных ЧД. Объединенная модель (квазары и радиогалактики). Эволюция излучения радиогалактик. Космологическая эволюция			

	радиогалактик/квазаров. Поиск далеких радиогалактик (отождествление, спектральный индекс). Обзоры по исследованию радиогалактик (от 3CR до VLASS). Многоволновые свойства активных ядер галактик. Интерпретация наблюдаемой переменности нетеплового излучения. 8. Подсчеты радиоисточников. Соотношение K-z для радиогалактик. Скучивание радиоисточников. Размер радиогалактик. Иерархическая модель и проблема появления сверхмассивных черных дыр. Эффект Сюняева-Зельдовича. 9. Современная космологическая модель. Расширяющаяся Вселенная. Фундаментальные наблюдательные данные (реликтовое излучение, распределение видимой материи, стандартные свечи, легкие элементы). Состав материи Вселенной. Космологическая модель и ее параметры. Этапы эволюции Вселенной: очень ранняя Вселенная, ранняя Вселенная, эпоха доминирования материи, эпоха доминирования темной энергии. Инфляция. 10. Реликтовое излучение. Рекомбинация водорода. Искажение спектра РИ в ходе рекомбинации. Реионизация водорода. Типы начальных возмущений (скалярные, векторные и тензорные моды). Модуляция спектра возмущений плотности. Первичная анизотропия (эффекты Сакса-Вольфа, Силка и Доплера). Вторичная анизотропия (тепловой и кинематический эффекты Сюняева-Зельдовича, эффект реионизации). Зависимость углового спектра мощности $C(l)$ от параметров космологической модели. Анализ данных микроволнового фона. Разделение компонент. Гармонический анализ на сфере (пикселизация, низкие и высокие гармоники). Угловой спектр мощности и статистика сигнала. Базы данных карт протяженного излучения (архивы WMAP и Planck, виртуальный телескоп SkyView). Первичная негауссовость. Статистическая анизотропия. Основные тесты на гауссовость (биспектр, функционалы Минковского, фазовый анализ, сферические вейвлеты).
Наименование практических работ	– Тема 2. Интерферометрический синтез в радиоастрономии. Методы и примеры. – Тема 3. Приемники радиоизлучения. Схемы и параметры. – Тема 4. Наблюдения в непрерывном радиоспектре. Радиоизлучение атмосферы. Обработка данных и их интерпретация – Тема 7. Радиогалактики и квазары. История, современные модели активности ядер галактик, результаты исследований в мире, России и САО. Анализ наблюдательных данных. Построение непрерывных радиоспектров. Отождествление радиоисточников в радио, оптическом, инфракрасном и рентгеновском диапазонах.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.

Результаты освоения дисциплины	Знать: – принцип работы и основные характеристики радиотелескопа (эффективная площадь, угловое разрешение, диаграмма направленности). – методы радиоастрономических исследований в области радиоинтерферометрии (синтез изображений); – космические радиоисточники, принципы обнаружения радиоисточников (отношение сигнал/шум, вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения); – методы анализа изображений; – основные компоненты приходящего радиоизлучения и их вклад на различных радиочастотах; – основные механизмы радиоизлучения; последние достижения в наблюдательной радиоастрономии и космологии. Уметь: – объяснять наблюдаемые свойства радиоастрономического сигнала на основе многокомпонентного разложения с учетом вклада атмосферы, Солнечной системы, Галактики, внегалактических радиоисточников и космического микроволнового фона; – вычислять распределение энергии в спектре радиоисточника и угловые спектры мощности протяженного излучения; строить простейшие модели радиоизлучающих областей и точечных источников на небесной сфере; – излагать полученные результаты в виде разделов статьи. Владеть – современными методами и программным обеспечением анализа радиоастрономических данных, включающими калибровку наблюдательных данных, получение физических характеристик объектов, моделирование механизмов излучения, графический анализ данных; – системой подготовки статей LaTeX.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н., Радиотелескопы и радиометры (М.: Наука, 1973). 2. Верховданов О.В., Парийский Ю.Н., Радиогалактики и космология, (М.:Физмалит, 2009). 3. Насельский П.Д., Новиков Д.И., Новиков И.Д., Реликтовое излучение (Изд-во Наука, 2003). 4. Горбунов Д.С., Рубаков В.А., Введение в теорию ранней Вселенной:3. Космологические возмущения. Инфляционная теория. (М.:КРАСАНД, 2010). 5. Галактическая и внегалактическая радиоастрономия, под ред. Верскера и Келлермана. (Изд-во Мир, 1976) . 6. Лукаш В.Н., Михеева Е.В., Физическая космология. (М.:ФизМатЛит, 2010). 7. Краус Д. Радиастрономия, МИР, 1972.

	8. Коллектив авторов. «Наблюдательная и теоретическая космология», Труды Летней школы Фонда Дмитрия Зимина «Династия» (7-ой Школы современной астрофизики, САО РАН, Нижний Архыз, 2011) (М.:URSS, 2012), с.381-392. 9. Тегмарк М. Наша Математическая Вселенная, АСТ, 2016 10. Уилсон Т. И др. Инструменты и методы радиоастрономии, ФИЗМАТЛИТ, 2012.
Дополнительная литература	1. В.Н. Лукаш, В.А. Рубаков «Темная энергия: мифы и реальность» УФН, 178 301–308 (2008) 2. О.В. Верхованов, А.Г. Дорошкевич «Системы пикселизации неба для анализа протяжённого излучения» УФН, 183 849–862 (2013) 3. О.В. Верхованов «Космологические результаты космической миссии "Планк". Сравнение с данными экспериментов WMAP и VICEP2» УФН 186 3–46 (2016) 4. В.Л. Гинзбург «Астрофизика космических лучей (история и общий обзор)» УФН 166 169–183 (1996) 5. В.Ф. Муханов «Квантовая Вселенная» УФН 186 1117–1125 (2016) 6. А.М. Черепашук «Наблюдения звёздных и сверхмассивных чёрных дыр» УФН 186 778–789 (2016)
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– ОС Linux; – система анализа континуальных данных ПАТАН-600 FADPS (Верхованов); – пакет анализа данных реликтового излучения GLESP (Верхованов).
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН

Дисциплина	Многорежимный фокальный редуктор телескопа БТА			
№	2.1.9.			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	16	12	8
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	7. Редуктор светосилы на большом телескопе: история вопроса. Семейство многорежимных «камер слабых объектов». Развитие спектроскопии низкого разрешения на 6-м телескопе. 8. Теория астрономического спектрографа. Согласование оптики телескопа и спектрографа. Квантовая эффективность. ПЗС-детекторы. Объемно-фазовые голографические решетки. 9. Проблемы щели спектрографа: потери света, неравномерность засветки, дифференциальная рефракция. 10. Калибровка спектров низкого разрешения. Телецентризм. Проблемы инструментального контура (LSF). 11. Особенности наблюдений в режиме прямых снимков. 12. Наблюдения со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. 13. Спектрополяриметрия. 14. Подготовка фокального редуктора к наблюдениям. Выполнение наблюдений на БТА в режиме удаленного доступа. Архив наблюдательных данных			
Наименование практических работ	– Тема 3. Проблемы щели спектрографа: потери света, неравномерность засветки, дифференциальная рефракция. – Тема 4. Калибровка спектров низкого разрешения. Телецентризм. Проблемы инструментального контура (LSF). – Тема 5. Особенности наблюдений в режиме прямых снимков. – Тема 6. Наблюдения со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. – Тема 7. Спектрополяриметрия. – Тема 8. Подготовка фокального редуктора к наблюдениям. Выполнение наблюдений на БТА в режиме удаленного доступа. Архив наблюдательных данных.			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – методы радиоастрономических исследований в области радиоинтерферометрии (синтез изображений); – принципы обнаружения радиоисточников (отношение сигнал/шум, вероятности ложной тревоги и			

	правильного обнаружения); – Фурье-методы анализа изображений; – основные компоненты приходящего радиоизлучения и их вклад на различных радиочастотах; – основные механизмы радиоизлучения; последние достижения в наблюдательной радиоастрономии и космологии. Уметь: – объяснять наблюдаемые свойства радиоастрономического сигнала на основе многокомпонентного разложения с учетом вклада атмосферы, Солнечной системы, Галактики, внегалактических радиоисточников и космического микроволнового фона; – вычислять распределение энергии в спектре радиоисточника и угловые спектры мощности протяженного излучения; строить простейшие модели радиоизлучающих областей и точечных источников на небесной сфере; – излагать полученные результаты в виде разделов статьи. Владеть – современными методами и программным обеспечением анализа радиоастрономических данных, включающими калибровку наблюдательных данных, получение физических характеристик объектов, моделирование механизмов излучения, графический анализ данных; – системой подготовки статей LaTeX.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. «Универсальный редуктор светосилы SCORPIO. Руководство пользователя», Афанасьев В.Л., Моисеев А.В., 2012 2. «SCORPIO: редуктор светосилы первичного фокуса БТА», Афанасьев В.Л., Гажур Э.Б., Желенков С.Р., Моисеев А.В., Бюллетень CAO, т. 58, с.90 3. «Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо», Моисеев А.В., препринт CAO РАН, N 166, 2002 4. «К вопросу об измерении лучевых скоростей звезд с прибором SCORPIO», Моисеев А.В., Астрофизический Бюллетень, т. 63, с. 74, 2008 5. Афанасьев В.Л., Егоров О.В., Перепелицын А.Е., «Блок IFU в фокальном редукторе SCORPIO-2 для интегральной полевой спектроскопии на 6-м телескопе БТА», 2018, Астр. Бюлл., 73, 397
Дополнительная литература	1. «SCORPIO at the 6-m telescope: current state and perspectives for spectroscopy of galactic and extragalactic objects», Afanasiev V., Moiseev A., Baltic Astronomy, v. 20, p. 363, 2011 2. «Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. II Дополнительные

	процедуры», Моисеев А.В., Егоров О.В., <i>Астрофизический Бюллетень</i>, т. 63, с. 193, 2008 3. Бурнашёв В.И., Бурнашёва Б.А, "Фотометрия и спектрофотометрия звёзд и галактик", Симферополь – 2016 4. «Структура и эволюция галактик по наблюдениям их внутренней кинематики», Моисеев А.В., диссертация на соискание степени доктора физ.-мат. наук, CAO РАН, 2012 http://www.sao.ru/hq/moisav/moisav/Manuscript2_compact.pdf 5. Моисеев А.В., «Сканирующий интерферометр Фабри-Перо на 6-м телескопе CAO РАН», <i>Астрофизический бюллетень</i>, 2021, 76, 380 https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol76/N3/ASPB380.pdf
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– «Basic equations for astronomical spectroscopy with a diffraction gratings», Allington-Smith J., https://www.sao.ru/hq/lon/SCORPIO/lectures/grating_spectroscopy_theory.pdf – SCORPIO website: https://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/scorpio/scorpio.html – SCORPIO-2 website: http://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/scorpio-2/index_rus.html – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – Европейская поисковая и информационная база астрофизических и астрономических данных http://cdsweb.u-strasbg.fr/ – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org/
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	Специальное программное обеспечение не требуется
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

2.1. (Ф) Факультативные дисциплины

Дисциплина	Аккреционные диски в астрофизике			
№	2.1.1. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	30	6	36
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Стандартные диски Шакуры-Сюняева. 2. Адвекционные диски с пониженным темпом аккреции и образованием струй. 3. Сверхкритические аккреционные диски. 4. Наблюдательные проявления аккреционных дисков. Тесные двойные системы. 5. Наблюдательные проявления аккреционных дисков. Сверхмассивные черные дыры. 6. Наблюдательные проявления сверхкритических аккреционных дисков. Объект SS433.			
Наименование практических работ	– Тема 4. Наблюдательные проявления аккреционных дисков. Тесные двойные системы. – Тема 5. Наблюдательные проявления аккреционных дисков. Сверхмассивные черные дыры. – Тема 6. Наблюдательные проявления сверхкритических аккреционных дисков. Объект SS433.			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – современные технологии получения наблюдательных данных для объектов с аккреционными дисками в оптическом и рентгеновском диапазонах; – методы теоретического анализа оптических и рентгеновских наблюдений аккреционных дисков; – методы оценок и определения физических параметров аккреционных дисков. Уметь: – использовать методики анализа наблюдательных данных; – использовать всемирные банки информации при проведении исследований; – корректно обрабатывать оптические спектры предложенных объектов; – определять физические параметры аккреционных дисков.			

	Владеть – навыками в обработке спектроскопических наблюдений аккреционных дисков; – методиками анализа оптических и рентгеновских наблюдений; – основными методами определения физических параметров аккреционных дисков; – способами качественной и количественной оценки параметров изучаемых объектов, оценивать точность результатов.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	12. Бисноватый-Коган Г.С. Релятивистская астрофизика и физическая космология, 2010, М. URSS 13. Fabrika S. the jets and supercritical accretion disk in SS433, 2004 UK, Cambridge 14. Фабрика С.Н., Атапин К.Е., Винокуров А.С., Шолухова О.Н. Ультраяркие рентгеновские источники. 2021, Астрофизический Бюллетень, том 76, №1, с. 6-42 15. Бескин В.С. Осесимметричные стационарные течения в астрофизике, 2005, М. Физматлит 16. Rybicki G., Ligynman A., Radiative processes in astrophysics, 1979, USA, Wiley 17. Frank J., King A., Raine D., Accretion power in astrophysics, 2002, UK, Cambridge University 18. Морозов А.Г., Хоперсков А.В., Физика дисков, 2005, ВолГУ, Волгоград.
Дополнительная литература	1. Kallrath J., Milone E., Eclipsing binary stars, 1999, USA, Springer 2. Описание программы XSPEC http://heasarc.nasa.gov/xanadu/xspec/ 3. Винокуров А.С., Спектроскопия туманностей и их моделирование с помощью фотоионизационного кода Cloudy, Методическое пособие, Нижний Архыз, 2014
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Пакет XSPEC для обработки рентгеновских данных http://heasarc.nasa.gov/xanadu/xspec/ – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звездный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно	Пакет XSPEC для обработки рентгеновских данных.

справочные системы	
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН

Дисциплина	Ближняя Вселенная			
№	2.1.2. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часов	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	24	12	36
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	14. Введение. Шкала внегалактических расстояний. 15. Зависимость период-светимость Цефеид. 16. Вершина ветви красных гигантов. 17. Флуктуации поверхностной яркости. Соотношение Талли-Фишера. 18. Пекулярные скорости галактик. 19. Коллективные движения галактик на разных шкалах. 20. Местный хаббловский поток. 21. Восстановление распределения массы по полю скоростей. 22. Распределение галактик во Вселенной. 23. Методы выделения групп галактик. 24. Методы выделения протяженных структур. 25. Методы выделения пустот.			
Наименование практических работ	– Тема 3. Вершина ветви красных гигантов. – Тема 8. Восстановление распределения массы по полю скоростей. – Тема 10. Методы выделения групп галактик. – Тема 11. Методы выделения протяженных структур. – Тема 12. Методы выделения пустот.			

Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – современные методы получения наблюдательных данных (красное смещение, расстояние, светимость, масса) для галактик; – методы анализа наблюдений; – способы определения расстояний и peculiar скоростей, оценки распределения масс и космологических параметров. Уметь: – использовать методики исследования наблюдательных данных; – корректно получать физические параметры из наблюдений; – использовать современные внегалактические базы данных. Владеть – навыками определения расстояний до галактик по обрыву вершины ветви красных гигантов; – навыками работы с современными внегалактическими базами данных; – методологией выделения структур в распределении галактик и определения их физических свойств.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	30. Пиблс Ф.Д.Э., Структура Вселенной в больших масштабах, М.: Мир, 1983 31. Зельдович Я.Б., Новиков И. Д., Строение и эволюция Вселенной, М.: Наука, 1975 32. Розенталь И.А., Архангельская И.В., Геометрия, динамика, Вселенная, М., 2003 33. Архангельская И.В., Розенталь И.А., Чернин А.Д., Космология и физический вакуум, М.: URSS, 2006
Дополнительная литература	1. Голицын Г.С. «Скопления галактик, параметры подобия и соотношения между их измеряемыми характеристиками», УФН 185 1323–1332 (2015) https://ufn.ru/ru/articles/2015/12/c/ 2. Вихлинин А.А., Кравцов А.В., Маркевич М.Л., Сюняев Р.А., Чуразов Е.М. «Скопления галактик», УФН 184 339–366 (2014) https://ufn.ru/ru/articles/2014/4/b/ 3. Гурбатов С.Н., Саичев А.И., Шандарин С.Ф. «Крупномасштабная структура Вселенной. Приближение Зельдовича и модель слипания», УФН 182 233–261 (2012) https://ufn.ru/ru/articles/2012/3/b/ 4. Лукаш В.Н., Михеева Е.В., Малиновский А.М. «Образование крупномасштабной структуры Вселенной», УФН 181 1017–1040 (2011) https://ufn.ru/ru/articles/2011/10/a/

	5. Топоренский А В, Попов С Б «Хаббловский поток в картине наблюдателя», УФН 184 767–774 (2014) https://ufn.ru/ru/articles/2014/7/f/ 6. Чернин А.Д. «Тёмная энергия в ближней Вселенной: данные телескопа «Хаббл», нелинейная теория, численные эксперименты», УФН 183 741–747 (2013) https://ufn.ru/ru/articles/2013/7/e/ 7. Перлмуттер С. «Измерение ускорения космического расширения по сверхновым» УФН 183 1060–1077 (2013) https://ufn.ru/ru/articles/2013/10/e/ 8. Шмидт Б.П. «Ускоренное расширение Вселенной по наблюдениям далёких сверхновых», УФН 183 1078–1089 (2013) https://ufn.ru/ru/articles/2013/10/f/ 9. Засов А.В., Сабурова А.С., Хоперсков А.В., Хоперсков С.А. «Тёмная материя в галактиках», УФН 187 3–44 (2017) https://ufn.ru/ru/articles/2017/1/b/
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Макаров Д.И. «Распределение галактик в местной Вселенной», http://www.astronet.ru/db/msg/1169719 – Макаров Д.И. «Движения галактик на малых и больших масштабах» http://www.sao.ru/hq/dim/PhD/full/ – Расторгуев А.С. «Шкала расстояний во Вселенной» http://www.astronet.ru/db/msg/1171218
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных HyperLeda: http://leda.univ-lyon1.fr/ – База данных по внегалактическим объектам NED: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS: https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER: http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS: http://www.sdss.org/ – Архив обзора неба Pan-STARRS: https://outerspace.stsci.edu/display/PANSTARRS/
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	Ближние карликовые галактики: фотометрия и звездообразование
№	2.1.3. (Ф)
Трудоемкость,	36 (2/3)

часы (недели)				
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	14	14	8
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Введение. Близкие карликовые галактики и звездообразование в них. 2. Фотометрия звезд в близких галактиках, диаграмма показатель цвета – звездная величина. 3. Поверхностная фотометрия близких галактик, профили поверхностной яркости. 4. Определение расстояний до близких галактик, вершина ветви красных гигантов. 5. Моделирование истории звездообразования близких, разрешаемых на звезды галактик. 6. Звездное население и история звездообразования карликовых галактик Местной Группы. 7. Звездообразование в ближайших группах галактик, Местный объем Вселенной. Заключение.			
Наименование практических работ	– Тема 2. Фотометрия звезд в близких галактиках, диаграмма показатель цвета – звездная величина. – Тема 3. Поверхностная фотометрия близких галактик, профили поверхностной яркости. – Тема 4. Определение расстояний до близких галактик, вершина ветви красных гигантов. – Тема 7. Звездообразование в ближайших группах галактик, Местный объем Вселенной			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – типы карликовых галактик и звездного населения в них; – основы теории звездной эволюции и эволюции галактик. Уметь: – выполнять звездную фотометрию в густых звездных полях; – выполнять поверхностную фотометрию галактик; – выполнять первичную обработку прямых изображений галактик. Владеть – методом определения расстояний по вершине ветви красных гигантов и методом моделирования звездного населения в галактиках.			
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.			
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины				

Основная литература	1. Anand G., Rizzi L., Tully B. Et al., 2021, 162, 80 2. Da Costa G.S., 1992, ASPC, 23, 90 3. Dolphin A., 2000, AJ, 531, 804 4. Dolphin, A. 2016, DOLPHOT: Stellar photometry, ascl:1608.013 5. Lee M.G., Freedman W.L., Madore B.F., 1993, ApJ, 417, 553 6. Makarov D., Makarova L., Rizzi L., Tully R.B., Dolphin A.E., Sakai S., Shaya E.J., 2006, AJ, 132, 2729 7. Rizzi L., Tully R.B., Makarov D., Makarova L., Dolphin A.E., Sakai S., Shaya E.J., 2007, ApJ, 661, 815 8. Stetson P., 1987, PASP, 99, 191
Дополнительная литература	1. Bellazzini M., Ferraro F.R., Pancino E., 2001, ApJ, 556, 635 2. Crnojevic D. et al., 2016, ApJ, 823, 19 3. Koposov S. E., Belokurov V., Torrealba G., Evans N. W., 2015, ApJ, 805, 130 4. Mateo M., Schechter P.L., 1989, ESOC, 31, 69 5. Mendez B., Davis M., Moustakas J., Newman J., Madore B.F., Freedman W.L. , 2002, AJ, 124, 213 6. Muller O., Jerjen H., Binggeli B., 2017, A&A, 597, A7 7. Sakai S., Madore B.F., Freedman W.L., 1996, ApJ, 461, 713
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Система обработки изображений и анализа данных MIDAS http://www.eso.org/sci/software/esomidas/ – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– компьютер с операционной системой UNIX; – система обработки изображений и анализа данных MIDAS; – пакет программ DOLPHOT; – пакет программ trgbtool; – пакет программ StarProbe.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных;

	– текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН
--	--

Дисциплина	Интерферометрические методы в спектроскопии звезд			
№	2.1.4. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	24	10	2
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	Интерференционные явления. Пространственная и временная когерентность источника. Типы источников излучения. Виды интерференционных полос и их характеристики. Локализация интерференционной картины. Типы интерференционных систем. Многолучевая интерференция. Интерференционные системы с полосами наложения. Двухлучевые интерферометры и их характеристики. Интерферометр Майкельсона. Интерферометры Цендера-Маха и Рождественского. Трехзеркальные и четырехзеркальные интерферометры. Интерферометры сдвига. Многолучевые интерферометры. Трехлучевые и четырехлучевые интерферометры. Интерференционные фильтры. Интерферометр Фабри-Перо. Интерферометр Фабри-Перо (ИФП). Угловая и линейная дисперсии. Свободный спектральный интервал (область дисперсии). Разрешающая способность. Устройство и юстировка интерферометра. Сложный интерферометр (мультиплекс). Спектральные приборы с ИФП. Скрещивание дисперсии ИФП с диспергирующим элементом другого типа. Способы регистрации интерферограмм. Светосила прибора с ИФП, по освещенности и потоку. Сравнение светосилы призмных и дифракционных спектрометров и спектрометра Фабри-Перо. Интерферометр белого света с внешней постдисперсией. Интерферометрические методы измерения доплеровских смещений. Интерференционно-поляризационные устройства. Поляризационный спектрометр Серковского. Интерференционные методы измерений. Лабораторные измерения длин волн спектральных линий. Измерение ширины контура линии. Исследование аномальной дисперсии. Измерения показателя преломления. Методы обработки интерферограмм. Приближенное определение порядка интерференции. Определение дробной части порядка и точного значения целой части порядка (метод совпадения дробных частей).			

	10. Расчет интерферометра Фабри-Перо. 11. Сборка и юстировка ИФП. 12. ИФП со скрещенной дисперсией (призмный спектрограф, внешняя установка). 13. ИФП со скрещенной дисперсией (дифракционный спектрограф, внешняя установка). 14. Оптоволоконный спектрограф с ИФП на внутренней установке.
Наименование практических работ	– Тема 10. Расчет интерферометра Фабри-Перо – Тема 11. Сборка и юстировка ИФП. – Тема 12. ИФП со скрещенной дисперсией (призмный спектрограф, внешняя установка). – Тема 13. ИФП со скрещенной дисперсией (дифракционный спектрограф, внешняя установка). – Тема 14. Оптоволоконный спектрограф с ИФП на внутренней установке.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – перечисленную учебно-методическую и научную литературу, включая работы научного руководителя в данном направлении; – особенности получения спектроскопических данных высокого и сверхвысокого разрешения; – технические характеристики интерференционных приборов промышленной разработки. Уметь: – применять системы обработки астрономических данных (SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH); – использовать графический материал, получаемый в результате обработки данных, при подготовке публикуемых результатов; – осуществлять поиск дополнительной информации (оригинальные исследования, технические описания приборов, инструкции по использованию наблюдательных данных); – выполнять оценочные расчеты проектируемого интерференционно-дифракционного спектрографа. Владеть – техникой наблюдений на спектральной аппаратуре, созданной в лаборатории астроспектроскопии САО РАН; – пакетами обработки данных, созданными для конкретных спектрографов; – методами статистической обработки данных; – методами проведения экспериментов на стандартных лабораторных спектрографах.

Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. С.Толанский. Спектроскопия высокой разрешающей силы. М., ИЛ, 1955, 436с. 2. И.В.Скоков. Многолучевые интерферометры. М., Машиностроение. 1969, 248с. 3. Ю.А.Толмачев. Новые спектральные приборы. Принципы работы. Л., Изд. ЛГУ, 1976, 126с. 4. И.В.Скоков. Оптические интерферометры. М., Машиностроение, 1979, 129с. 5. Дж.Миберн. Обнаружение и спектрометрия слабых источников света. "Мир", М., 1979, 304с. 6. А.Г.Жиглинский, В.В.Кучинский. Реальный интерферометр Фабри-Перо. Л., Машиностроение, 1983, 176с. 7. И.М.Нагибина. Интерференция и дифракция света. Л., Машиностроение, 1985, 332с. 8. И.В.Скоков, Д.А.Журавлев, В.П.Журавлева. Проектирование дифракционных спектрографов. "Машиностроение", М., 1991, 128с. 9. В.Е.Панчук, М.Е.Сачков, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. Интегральные методы в астрономической спектроскопии. Астрофиз. бюлл., 2010, том 65, No1, с. 78–99. 10. E.S.Kulagin, V.E.Panchuk. Project of an Interferometric Ultrahigh Resolution Spectrograph. ASP Conference Series, 2017, Vol. 510, p.556. 11. V.E.Panchuk, Yu.B.Verich, V.G.Klochkova, et al. Echellé Spectrograph with a Fabry-Perot Interferometer in the Inner Mounting. ASP Conference Series, Vol. 510, 2017, p.566.
Дополнительная литература	1. P. Jacquinot, J. Opt. Soc. Am. 44, 761 (1954). 2. P. B. Fellgett, Optica Acta 2, 9 (1955). 3. P. Connes, Ann. Rev. Astron. and Astrophys. 8, 209 (1970). 4. С. М. Горский, И. Е. Кожеватов, В. П. Лебедев, Астрон. журн. 56, 590 (1979). 5. P. Connes, Astrophys. and Space Sci. 110, 211 (1985). 6. А.Н.Малахов, Кумулянтный анализ случайных негауссовых процессов и их преобразований. Советское радио. М. 1978. 7. V.E.Panchuk, V.G.Klochkova, The Technique of Stellar Spectroscopy in the First Quarter of the 21st Century. ASP Conference Series, Vol. 518, 2019, p.237. 8. V.E.Panchuk, V.G.Klochkova, M.E.Sachkov. Spectroscopic Studies of Exoplanets. Radial Velocities. ASP Conference Series, Vol. 518, 2019, p.213.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/

сети «Интернет»	– База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звездный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Системы обработки астрономических данных SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	Интерферометрия астрономических объектов			
№	2.1.5. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	24	12	36
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Введение в методы астрономии высокого разрешения. Основные понятия. 2. Турбулентность атмосферы и разрешение телескопа. Формирование астрономических изображений телескопом. 3. Принципы интерферометрии. 4. Методы восстановления по интерферометрическим данным. Спекл-интерферометрия. 5. Методы накопления с сохранением фазовой информации. 6. Спекл-интерферометрия кратных звезд. Спекл-интерферометрия протяженных объектов. 7. Спекл-интерферометр. Функция спекл-интерферометра. Типы спекл-интерферометров. 8. Спекл-интерферометрические наблюдения. Наблюдения в видимом и инфракрасном диапазонах.			

Наименование практических работ	– Тема 2. Принципы интерферометрии. – Тема 7. Спекл-интерферометр. Функция спекл-интерферометра. Типы спекл-интерферометров. – Тема 8. Спекл-интерферометрические наблюдения. Наблюдения в видимом и инфракрасном диапазонах.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – современные технологии получения наблюдательных данных для астрономических объектов с разрешением вплоть до дифракционного; – методы теоретического анализа наблюдений; – способы определения позиционных параметров двойных и кратных звезд, отношения яркости компонент, размеров небесных тел по восстановленным изображениям. Уметь: – использовать методики фурье-анализа спекл-изображений; – использовать всемирные банки информации при проведении исследований; – корректно обрабатывать серии спекл-изображений, спектры мощности и автокорреляционные функции; – определять физические параметры звезд по результатам восстановления спекл-изображений. Владеть – навыками работы с комплексом программ SPECKLE, уметь проводить спекл-интерферометрические наблюдения кратных звезд, работать со штатным спекл-интерферометром телескопа БТА; – методиками анализа спекл-изображений; – основными методами определения позиционных параметров, разности блеска между компонентами кратных звезд, конфигурации компонент в системе; – способами качественной и количественной оценки точности результатов.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	9. А.А. Токовинин, Звездные интерферометры, М: Наука, 1988 10. Сойфер В.А. (ред.), Методы компьютерной обработки изображений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 11. Сойфер В.А. (ред), Методы компьютерной оптики: Учебное пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 12. Albert Tarantola, Inverse problem theory and methods for model parameter estimation, 2005 13. Tony F. Chan and Jianhong Shen, Image processing and Analysis, 2005

	14. Домненко В.М., Бурсов М.В., Иванова Т.В., Моделирование формирования оптического изображения: Учебное пособие. - СПб: НИУ ИТМО, 2011 15. Рандалл Р.Б. Частотный анализ, Дания: ДК-2850 Нэрум, 1989 16. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А., Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002 17. Франсон М. Оптика спеклов, М.: Мир, 1980
Дополнительная литература	8. Scholz Michael, Mira science with interferometry: a review Interferometry for Optical Astronomy II. Edited by Wesley A. Traub. Proc. of the SPIE, Vol. 4838, pp. 163-171, 2003 9. Roddier, F., The effects of atmospheric turbulence in optical astronomy, In: Progress in optics. Volume 19. Amsterdam, North-Holland Publishing Co., p. 281-376, 1981 10. Labeyrie, A., Stellar interferometry methods, In: Annual review of astronomy and astrophysics. Vol. 16, Palo Alto, Calif., Annual Reviews, Inc., p. 77-102, 1978 11. Dainty, J. C., The transfer function, signal-to-noise ratio, and limiting magnitude in stellar speckle interferometry, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 169, p. 631-641, 1974 12. Fried, D. L., Angular dependence of atmospheric turbulence effect in speckle interferometry, In: High angular resolution stellar interferometry; Proceedings of the Colloquium, College Park, Md., August 30-September 1, 1978, Sydney, Australia, University of Sydney, pp.1-26, 1979 13. Balega I. I., Balega, Y. Y., Hofmann K.-H., Maksimov A. F., Pluzhnik E. A., Schertl D., Shkhagosheva Z.U., Weigelt G., Speckle interferometry of nearby multiple stars, Astronomy and Astrophysics, v.385, p.87-93, 2002 14. Mitrofanova, A., Dyachenko, V., Beskakotov, A., Balega, Y., Maksimov, A., Rastegaev, D., & Komarinsky, S. (2020). Speckle Interferometry of Nearby Multiple Stars: 2007–2019 Positional Measurements and Orbits of Eight Objects. The Astronomical Journal, 159(6), 266.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звездный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно	– Комплекс программ SPECKLE для определения позиционных параметров, разности блеска кратных звезд и восстановления спекл-изображений.

справочные системы	
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	Использование MATLAB в астрономии			
№	2.1.6. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	14	4	18
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Введение. 2. Математика и вычисления. 3. Визуализация данных. 4. Задачи минимизации и определения параметров модели. 5. Статистические вычисления.			
Наименование практических работ	– Тема 4. Задачи минимизации и определения параметров модели. – Тема 5. Статистические вычисления.			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – возможности MATLAB; – методы анализа данных в MATLAB; – проводить статистический анализ данных.			

	Уметь: – использовать возможности MATLAB для решения поставленных задач; – решать задачи минимизации. Владеть – навыками программирования поставленных астрофизических задач.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Мартынов Н.Н., Введение в MATLAB 6.x, М: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2002 2. Дьяконов В.П., MATLAB 6/6.1/6.5 + SIMULINK 4/5 в математике и моделировании, М: СОЛОН-ПРЕСС, 2003 3. Дьяконов В.П., Абраменкова И., MATLAB. Обработка сигналов и изображений, Питер, 2002 4. Кетков Ю.Л., Шульц М., MATLAB 6.x: программирование численных методов, СПб, БХВ-Петербург, 2004
Дополнительная литература	1. Е. Михайлов, А. Померанцев, MatLab. Руководство для начинающих, http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/matlab.htm 2. Половко А.М., Бутусов П.Н., MATLAB для СТУДЕНТА. СПб.: БХВ, 2005 http://prodav.narod.ru/textbook/matlab1.htm
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– http://www.mathworks.com/help/matlab/index.html – http://www.mathworks.com/matlabcentral/ – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB.

Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН
-------------------------------------	--

Дисциплина	Исследование звездного магнетизма			
№	2.1.7. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	16	8	12
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Эффект Зеемана в звездных спектрах 2. Приборы и методы для измерений магнитных полей звезд 3. Анализ спектров магнитных звезд 4. Методы моделирования магнитных полей 5. Наблюдения на телескопах САО 6. Работа с базами астрономических данных 7. Обработка звездных спектров			
Наименование практических работ	– Тема 5. Наблюдения на телескопах САО – Тема 6. Обработка звездных спектров.			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – современные методы и технологии получения наблюдательных данных по изучению звездного магнетизма; – современные методы анализа звездных спектров с использованием астрономических баз данных и мощных программ обработки данных; – способы определений магнитных полей звезд, построения карт распределения магнитных полей по			

	поверхности звезд. Уметь: – использовать методики наблюдений звездных магнитных полей и обработки данных; – использовать международные базы астрономических данных VALD, SIMBAD, VizieR и другие; – определять температуры, скорости вращения, светимости и другие физические параметры наблюдаемых объектов, их химический состав и магнитные поля. Владеть – навыками в проведении наблюдений на телескопах САО РАН; – методиками анализа звездных спектров; – основными методами определения физических параметров и химического состава звезд; – способами качественной и количественной оценки точности результатов.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Засов А.В., Постнов К.А., «Общая астрофизика». Учебное пособие. – ГАИШ МГУ, 2009. – 576 с. 2. Архипова В.П. и др., «Звезды». – Изд. 2. – Физматлит, 2009. – 427 с. 3. Фортон В.Е. «Экстремальные состояния вещества». Учебное пособие. – Физматлит, 2009. — 304 с. 4. Сахибуллин Н.А. Теоретическая астрофизика. Звездные атмосферы. Часть 1. Учебное пособие. / Н.А. Сахибуллин, И.Ф. Бикмаев // Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета. – Казань. – 2015. – 116 с. – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F2146538929/Sakhibullin.N.A..Teoreticheskaya.astrofizika.ch.1..pdf 5. Сахибуллин Н.А. Теоретическая астрофизика. Звездные атмосферы. Часть 2. Учебное пособие. / Н.А. Сахибуллин, И.Ф. Бикмаев // Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета. – Казань. – 2015. – 112 с. – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_891964453/Sakhibullin.N.A..Teoreticheskaya.astrofizika.ch.2..pdf 6. Сахибуллин Н.А. Методы моделирования в астрофизике (том 1). Звездные атмосферы. – Казань: "Фэн", 1997. 7. Сахибуллин Н.А. Методы моделирования в астрофизике (том 2). Определение фундаментальных параметров звезд. – Казань: "Фэн", 2003. – 389 с. 8. Савельев И. В. Курс общей физики. Том 4. Волны. Оптика. Учебное пособие для вузов. – Лань, 2011. – 256 с.
Дополнительная литература	1. Романюк И.И. Диссертация на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук, 2004, Нижний Архыз, 1-520 2. Рябчикова Т. А. Диссертация на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук, Химическая структура атмосфер магнитных пекулярных звезд, 2014, Институт астрономии РАН, 1-190 с. 3. Романюк И.И. «Магнитные звезды главной последовательности. 1. Методы диагностики магнитных полей», 2005, Астрофизический Бюллетень, т. 58, 64-89 4. Романюк И.И. «Магнитные звезды главной последовательности. 2. Физические параметры и химический состав атмосфер», 2007, Астрофизический Бюллетень, т.62, 72-101

	5. Романюк И.И. «Магнитные звезды главной последовательности. 3. Результаты измерений магнитных полей», 2010, т. 65, Астрофизический Бюллетень, т.65, 368-402 6. Князев А. Ю. Стандартная система редукции астрономических данных MIDAS (лекции). – URL: http://www.astro.spbu.ru/staff/afk/DataAnal/Midas/MidasR.html
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звездный каталог VizieR - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – База атомных линий VALD3 - http://vald.astro.uu.se/ –
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Компьютерные программы по обработке астрономических данных MIDAS, IRAF; для анализа химического состава BINMAG; для измерения магнитного поля ZEEMAN, REGRES_PURE.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	История астрономической спектроскопии			
№	2.1.8. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	16	10	10
Содержание	1. Первые эксперименты по разложению солнечного света (XVII век, Я.Марци, затем И.Ньютон, 1666). Основные			

(номер темы, наименование темы или раздела)	законы оптики в применении к спектроскопии. Роль оптических технологий в становлении астроспектроскопии. Обнаружение излучения за красной (В.Гершель, 1780) и фиолетовой (Риттер, 1801) границами оптического диапазона. 2. Начало астроспектроскопического приборостроения (Волластон, 1802), обнаружение первых спектральных линий. Дифракционные решетки Фраунгофера (с 1814). Метод объективной призмы (Фраунгофер, 1817-1823). Визуальные спектроscopy Секки и Хэггинса. Обращение абсорбционного спектра в эмиссионный (Секки). Обнаружение (Брюстер, 1832) и интерпретация (Жансен, 1862) теллурического спектра. 3. Эксперименты Бунзена и Кирхгофа (с 1859). 4. Первые шаги документальной спектроскопии (дагерротипия солнечного спектра, 1842-1845). Фотографирование спектров звезд (Хэггинс и Миллер, с 1863). Фотографический спектр Солнца, (Г.Дрепер, 1873). Инфракрасный спектр Солнца, (Г.Дрепер, 1881). Карта и таблицы спектра Солнца (Г.А.Роуланд, 1897). 5. Призмённые камеры. Массовая спектроскопия звезд. Гарвардский спектральный обзор. 6. Призмённые подвесные спектрографы (Фогеля, Миллса, Белопольского, Брюса) на крупнейших рефракторах (Подсдам, Лик, Пулково, Йеркс). Адаптация визуальных рефракторов под спектроскопические работы. 7. Маунт Вилсон - первая обсерватория, специализированная для спектроскопических работ в лаборатории. Второе рождение стационарного фокуса. Рефлекторы 1.5 и 2.5 метра. 8. Небулярные спектрографы (Йеркс, Мак Дональд). Работы О.Струве. 9. Спектрографы рефлекторов 1.8м (Виктория) и 2.2м (Техас) – пик совершенствования призмённой спектроскопии. 10. Работы Роуланда и Вуда. Вогнутые дифракционные решетки. Дифракционные решетки с профилированным штрихом. Спектрограф фокуса кудэ 2.5м телескопа Маунт Вилсон. 11. Отечественная спектроскопия первой половины XX века (Симеиз, Пулково). Становление оптико-механической промышленности СССР. 12. Предельные характеристики фотографической спектроскопии. Спектральное разрешение и широкощельность. Боуэн: спектроскопическое оснащение 5-метрофого рефлектора Хэйла. 13. Первые фотоэлектрические сканирующие системы. 14. Этапы развития техники астрономической спектроскопии и соответствующие важнейшие исследования.
Наименование практических работ	– Тема 9. Спектрографы рефлекторов 1.8м (Виктория) и 2.2м (Техас) - пик совершенствования призмённой спектроскопии. – Тема 10. Работы Роуланда и Вуда. Вогнутые дифракционные решетки. Дифракционные решетки с профилированным штрихом. Спектрограф фокуса кудэ 2.5м телескопа Маунт Вилсон. – Тема 11. Отечественная спектроскопия первой половины XX века (Симеиз, Пулково). Становление оптико-механической промышленности СССР. – Тема 12. Предельные характеристики фотографической спектроскопии. Спектральное разрешение и

	широкощельность. Боуэн: спектроскопическое оснащение 5-метрофого рефлектора Хэйла. – Тема 13. Первые фотоэлектрические сканирующие системы. – Тема 14. Этапы развития техники астрономической спектроскопии и соответствующие важнейшие исследования.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – перечисленную учебно-методическую и научную литературу, включая основные ссылки; – особенности получения спектроскопических данных, составивших основу известных спектроскопических каталогов и списков; – технические характеристики наиболее продуктивных спектрографов первой половины XX века; – основные отечественные спектроскопические разработки. Уметь: – осуществлять поиск неоцифрованной технической литературы; – осуществлять поиск дополнительной информации (оригинальные исследования, технические описания приборов, инструкции по использованию наблюдательных данных); – уметь восстанавливать технические характеристики приборов по описаниям исследований отдельных астрофизических объектов. Владеть – методами подготовки обзоров и web-презентаций по истории астроприборостроения; – методами оценки основных параметров спектральной аппаратуры по опубликованным характеристикам спектров.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Б.А.Воронцов-Вельяминов. Курс практической астрофизики. ГИТТЛ, М.-Л., 1940, с.199-277. 2. Э.Стремгрен и Б.Стремгрен. Астрономия. ГИТТЛ, М.-Л., 1941, с.30-35, с.348-358, с.551-557. 3. А.Берри. Краткая история астрономии. ГИТТЛ, М.-Л., 1946, с.331-337, с.347. 4. А.А.Белопольский. Астрономические труды. ГИТТЛ М., 1954. (Отдел первый, с.61-142). 5. О.А.Мельников «К истории развития спектроскопии в России и в СССР», Историко-астрономические

	исследования, вып. III, с.9-258, М., ГИТТЛ, 1957. 6. Методы астрономии. Под ред. В.А.Хилтнера. М., Мир, 1967. Главы 2, 3, 4, 5, 13. 7. О.Струве, В.Зебергс «Астрономия XX века», М., Мир, 1968, 548с. 8. В.Е.Панчук, В.Г. Ключкова, 30 лет работы БТА: спектроскопия высокого разрешения. В сб. «САО РАН 40 лет». Нижний Архыз, 2006, с.32-67. 9. Федор Александрович Бредихин. Сб., сост. С.В.Касаткина и М.Е.Сачков. М., Планета, 2013, с.73-145. 10. Иллюстрации к лекциям В.Е.Панчука «Спектрографы», http://panchuk.narod.ru/ 11. В.Е.Панчук. Техника наблюдений звёзд с высоким спектральным разрешением. Земля и Вселенная. 2017. №1. с.38-49. 12. В.Е.Панчук, В.Г.Ключкова. 40 лет спектроскопии высокого разрешения на БТА. Юбилейный сборник «САО РАН – 50 лет», Н.Архыз, 2018, с.49-70.
Дополнительная литература	1. Г.А.Шайн. Избранные труды. Киев. Наукова думка. 2012. 629с. 2. В.Сибрук. Роберт Вуд. Современный чародей физической лаборатории. ГИФМЛ. М., 1960, 323с. 3. Д.Я.Мартынов. Полвека у телескопа. Изд. МГУ, 2012, 439с. 4. А.Н.Зайдель, Г.В.Островская, Ю.И.Островский. Техника и практика спектроскопии. Наука, ФМ, М., 1972, 375с. 5. Т.А.Якшина. «История отечественной базы астрофизических исследований в оптическом диапазоне», Канд. дисс. Ставрополь, 2010. 331с. (Научный руководитель В.Е.Панчук). 6. В.Г.Ключкова. В.Е.Панчук. Т.А.Якшина. Оптические телескопы в истории отечественной астрономии. Земля и Вселенная. 2013. №5. с.76-89.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Иллюстрации к лекциям В.Е.Панчука «Спектрографы», http://panchuk.narod.ru/ – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звездный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Специальное программное обеспечение не требуется

Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН
-------------------------------------	--

Дисциплина	Лабораторная и астрономическая спектроскопия с высоким и средним разрешением			
№	2.1.9. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	30	10	32
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Общие разделы. Оптика и спектроскопия. Оптические среды. 1.1. Оптические материалы, их физико-химические свойства. Работа с оптическими материалами. 1.2. Оптические свойства диэлектриков, полупроводников и металлов. Отражение излучения от поверхности оптических сред. Резонансное поглощение. Внутренний фотоэффект. Оптические свойства тонких пленок. Оптические волокна. 1.3. Применение диэлектриков, полупроводников и металлов в спектроскопии. 1.4. Просветляющие и зеркальные покрытия. 1.5. Оптические свойства воздуха. 2. Источники излучения. 2.1. Основные законы теплового излучения. Типы источников теплового излучения. 2.2. Газоразрядные источники излучения. Виды разрядов в газах и их основные особенности. 2.3. Излучение при термодинамическом равновесии. Излучение в условиях локального термодинамического равновесия. Излучение при отсутствии равновесия. 2.4. Механизмы уширения спектральных линий. Естественная (радиационная) ширина спектральных линий. Допплеровское уширение спектральных линий. Уширение линий при взаимодействии излучателя с окружающими частицами. Формирование контура спектральной линии в условиях реабсорбции излучения. 2.5. Типы газоразрядных источников излучения. Источник света с тлеющим разрядом. Источник света с полым катодом. Источник света с атомным пучком. Лампы низкого давления с дуговым разрядом. Газоразрядные источники света низкого давления с непрерывным спектром излучения. Ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления. Газовые лампы сверхвысокого давления. Импульсные лампы. Газоразрядные лампы с циклом в парах простейших химических соединений. Дуговой разряд в воздухе. Стабилизированная дуга. 2.6. Источники излучения, использующие электронные потоки. Электронные генераторы СВЧ. Мазеры на циклотронном резонансе. Изменение частоты излучения с			

	помощью релятивистских эффектов. Синхротронное излучение. Излучение в ондуляторе. Обратный эффект Комптона. 3. Приемники оптического излучения. 3.1. Общие вопросы фотографической регистрации излучения. 3.2. Приемники излучения, преобразующие световой сигнал в электрический. Типы приемников. Чувствительность. Шумы. Инерционность приемников. 3.3. Тепловые приемники излучения. Болометры. Термоэлементы. Оптико-акустические приемники. Пирозлектрические приемники. 3.4. Приемники излучения с внешним фотоэффектом. Фотоэлементы и фотоумножители. Электронно-оптические преобразователи. 3.5. Приемники излучения с внутренним фотоэффектом. Фоторезисторы. Приемники с $p-n$-переходом. Линейки и матрицы приборов зарядовой связи. 4. Методы фильтрации оптического излучения. 4.1. Поглощающие (абсорбционные) светофильтры. 4.2. Метод фокальной изоляции. 4.3. Мелкодисперсные (дисперсионные) светофильтры. 4.4. Метод остаточных лучей. 4.5. Отражение от шероховатых зеркал и дифракционных решеток. 4.6. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. 4.7. Метод селективной модуляции. 4.8. Интерференционные и интерференционно-поляризационные светофильтры. 5. Теория изображений. 5.1. Геометрическая оптика. 5.2. Аберрации оптических элементов и систем. 5.3. Разрешающая сила. Увеличение астрономического телескопа. 5.4. Яркость для протяженных и точечных объектов. 5.5. Неоднородности оптических сред. Оптические свойства атмосферы. 6. Общие свойства спектральных приборов. 6.1. Классификация спектральных приборов. 6.2. Характеристики щелевых спектральных приборов. Нормальная ширина входной щели. Теоретическая и реальная разрешающая способность. Аппаратная функция. Светосила щелевых спектральных приборов (по освещенности, по потоку). Способы освещения щели спектральных приборов. Астрономический телескоп как осветительная система. Аппаратная функция при когерентном и некогерентном освещении щели. 6.3. Оптические схемы лабораторных спектральных приборов. Автоколлимационные приборы. Зеркальные, зеркально-линзовые и линзовые объективы приборов. Спектрометры и спектрофотометры. Двойные монохроматоры. 7. Призма и призмённые спектральные приборы. 7.1. Общие свойства призм. Угловое увеличение. Угловая и линейная дисперсии. 7.2. Разрешающая способность призмы. Поляризующее действие призм. Астигматизм призм. Кривизна изображения спектральных линий. 7.3. Системы призм. Оптические схемы призмённых спектральных приборов. 8. Образование дифракционной картины в приборе с решеткой. 8.1. Угловое увеличение, угловая и линейная дисперсии дифракционной решетки. 8.2. Светосила. Разрешающая способность. Кривизна изображения спектральных линий. 8.3. Поляризующее действие дифракционных решеток. 8.4. Свободный спектральный интервал решетки (область дисперсии). Разделение спектров различных порядков. Предварительная монохроматизация излучения. 8.5. Скрещивание дисперсий. 8.6. Техника изготовления
--	--

	дифракционных решеток. Нарезанные дифракционные решетки и их дефекты. Голографические решетки. Решетки с объемным фазированием. 8.7. Оптические схемы приборов с плоскими дифракционными решетками разных типов. 8.8. Вогнутые дифракционные решетки (нарезанные и голографические). Основные свойства вогнутых решеток. 8.9. Типы спектральных приборов с вогнутыми дифракционными решетками. 8.10. Дифракционные оптические элементы (ДОО). 9. Интерференционные спектральные приборы. 9.1. Интерферометр Фабри-Перо (ИФП). 9.2. Угловая и линейная дисперсии. 9.3. Свободный спектральный интервал (область дисперсии). 9.4. Разрешающая способность. 9.5. Устройство и юстировка интерферометра. 9.6. Сложный интерферометр (мультиплекс). 9.7. Спектральные приборы с ИПФ. 9.8. Скрещивание дисперсии ИФП с диспергирующим элементом другого типа. 9.9. Способы регистрации интерферограмм. 9.10. Светосила прибора с ИФП, по освещенности и потоку. 9.11. Сравнение светосилы призмных и дифракционных спектрометров и спектрометра Фабри-Перо. 10. Модуляционные спектральные приборы. 10.1. Фурье-спектрометр. Аппаратная функция. Особенности работы фурье-спектрометра. 10.2. СИСАМ - спектрометр с интерференционной селективной амплитудной модуляцией. 10.3. Растровый спектрометр. МОК-интерферометр. 10.4. Области применения дифракционных и модуляционных спектральных приборов. 11. Специальные разделы. Астрономическая спектроскопия. 11.1 Типы астрономических объектов. Звезды, двойные и кратные системы, звездные скопления, газо-пылевые туманности, межзвездные облака, галактики, квазары, тела Солнечной системы, экзопланеты. 11.2. Характеристики излучения протяженных и точечных астрономических объектов. Единицы измерений (поток, освещенность, звездная величина, угловые размеры). 11.3. Характеристики излучения фона ночного неба. Основные компоненты излучения (спектр гидроксила, линии ионов и атомов, непрерывный спектр). 11.4. Абсорбционный спектр земной атмосферы (теллурический спектр). Окна прозрачности земной атмосферы. 11.5. Общие характеристики приемников излучения астрономических объектов: спектральная чувствительность (кривая реакции), шумовые характеристики, квантовый выход, динамический диапазон. 11.6. Число одновременно передаваемых элементов изображения. 11.7. Пространственное разрешение многоканального приемника. 11.8. Временное разрешение приемника. 12. Особенности регистрации излучения астрономических объектов приемниками разных типов. 12.1. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). Принцип действия и типы. 12.2. Электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Типы. 12.3. Электронографическая камера. 12.4. Телевизионные приемники. 12.5. Телевизионные приемники со счетом фотонов. 12.6. Приборы на основе фотопроводимости. 12.7. Твердотельные многоканальные приемники. 12.8. Микроканальные пластины. 13. Типы астрономических телескопов. 13.1. Спектроскопия астрономических объектов. Классификация работ по спектральному разрешению. 13.2. Первые спектроскопические работы. Первые шаги звездной
--	---

	спектроскопии. 13.3. Широкощельность и светосила спектрографа. 13.4. Массовое производство астрономических спектров. 13.5. Подвесной призменный спектрограф. 14. Спектрограф в неподвижном фокусе телескопа. 14.1. Сканирующие спектрометры. 14.2. Спектроскопия протяженных объектов. 14.3. Многообъектная щелевая спектроскопия. 14.4. Спектроскопия и «световое загрязнение» атмосферы Земли. 15. Методы скрещенной дисперсии в астрономической спектроскопии. 15.1. Иерархия спектральных приборов в астрономии: призма – решетка – интерферометр. 15.2. Панорамные измерения с высоким спектральным разрешением. 15.3. Спектроскопия на орбитальных астрономических обсерваториях. 15.4. Методы первичной обработки и анализа спектров.
Наименование практических работ	– Тема 3. Приемники оптического излучения. – Тема 6. Общие свойства спектральных приборов. – Тема 8. Образование дифракционной картины в приборе с решеткой. – Тема 12. Особенности регистрации излучения астрономических объектов приемниками разных типов. – Тема 14. Спектрограф в неподвижном фокусе телескопа.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – перечисленную учебно-методическую и научную литературу, включая основные работы научного руководителя; – особенности получения спектроскопических данных высокого и среднего разрешения на основных современных спектроскопических телескопах; – технические характеристики отечественных спектрографов промышленной разработки; – правила использования архивных данных. Уметь: – использовать системы обработки астрономических данных (SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH); – использовать графический материал, получаемый в результате обработки данных, при подготовке публикуемых результатов; – осуществлять поиск дополнительной информации (оригинальные исследования, технические описания приборов, инструкции по использованию наблюдательных данных); – выполнять оценочные расчеты проектируемого спектрографа. Владеть

	– техникой наблюдений на спектральной аппаратуре, созданной в лаборатории астроспектроскопии САО РАН; – пакетами обработки данных, созданными для конкретных спектрографов; – методами проведения экспериментов на стандартных лабораторных спектрографах; – методами статистической обработки данных; – пакетами редактирования научных текстов.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	13. Н.Н.Михельсон. Оптические телескопы. Теория и конструкция. "Наука", ФМ, М., 1976, 512с. 14. Д.Д.Максутов. Астрономическая оптика. 2-е изд. "Наука", Л., 1979, 395с. 15. Дж.Миберн. Обнаружение и спектрометрия слабых источников света. "Мир", М., 1979, 304с. 16. М.Эклз, Э.Сим, К.Триттон. Детекторы слабого излучения в астрономии. "Мир", М., 1986, 200с. 17. Г.Уокер. Астрономические наблюдения. "Мир", М., 1990, 351с. 18. И.В.Скоков, Д.А.Журавлев, В.П.Журавлева. Проектирование дифракционных спектрографов. "Машиностроение", М., 1991, 128с. 19. Lena P., Lebrun F. Observational Astrophysics (Astronomy and Astrophysics Library Series), 1998. 512p. 20. В.Ю.Теребиж. Современные оптические телескопы. ФМЛ, "МАИК", 2005, 79с. 21. В.Г. Ключкова, В.Е. Панчук, М.В. Юшкин, Д.С. Насонов. <u>Измерения лучевых скоростей на звездных спектрографах БТА. Астрофиз. бюлл.</u>, 2008, том 63, №4, с. 410–418. 22. В.Е. Панчук, В.Г. Ключкова, М.В.Юшкин, И.Д.Найденов. Спектрограф высокого разрешения 6-метрового телескопа БТА. Оптический журн., 2009, т.76, №2, с.42-55. 23. В.Е.Панчук, В.Г.Ключкова, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. <u>Спектроскопия звезд в наземном ультрафиолете. I: Техника наблюдений. Астрофиз. бюлл.</u>, 2009, том 64, №4, с.411–420. 24. В.Е. Панчук, М.Е.Сачков, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. <u>Интегральные методы в астрономической спектроскопии. Астрофиз. бюлл.</u>, 2010, том 65, №1, с. 78–99. 25. В.Е. Панчук, В.Л. Афанасьев. <u>Астроклимат Северного Кавказа - мифы и реальность. Астрофиз. бюлл.</u>, 2011, том 66, №2, с.253–274. 26. В.Е. Панчук, М.В.Юшкин, М.В.Якопов. <u>Спектрографы высокого разрешения с оптоволоконным входом. Астрофиз. бюлл.</u>, 2011, том 66, №3, с. 382–399. 27. V. E. Panchuk, G. A. Chuntanov, I. D. Naidenov, Main stellar spectrograph of the 6-meter telescope. Analysis, reconstruction, and operation. Astrophysical Bulletin, 2014, Vol. 69, Iss. 3, pp.339-355. 28. В.Е. Панчук, В.Г. Ключкова, М.В. Юшкин. Эшелле спектрограф для 6-метрового телескопа БТА. Астрон. ж., 2017, т.94, с.808-. 29. Сайт В.Панчука http://astrospectra.narod.ru/

Дополнительная литература	9. И.М.Нагибина. Интерференция и дифракция света. Машиностроение. Л., 1985, 332с. 10. В.И.Малышев. Введение в экспериментальную спектроскопию. Наука, ФМ, М., 1979, 478с. 11. А.Н.Зайдель. Основы спектрального анализа. Наука, ФМ, М., 1965, 322с. 12. И.М.Нагибина, В.К.Прокофьев. Спектральные приборы и техника спектроскопии. МашГИз. М.-Л., 1963, 271с. 13. В.Е. Панчук, В.Г. Клочкова, М.В. Юшкин, Г.В.Якопов, Ю.Б.Верич. Техника спектрополяриметрии звезд на 6-метровом телескопе БТА. I. Спектрографы фокусов Нэсмита. Известия вузов, Приборостроение, 2016, т.59, с.1018-1027. 14. В.Е. Панчук, В.Г. Клочкова, М.В. Юшкин, Г.В.Якопов, Ю.Б.Верич. Техника спектрополяриметрии звезд на 6-метровом телескопе БТА. II. Эшелле-спектрографы первичного фокуса. Известия вузов, Приборостроение, 2017, т.60, с.53-62. 15. В.Е. Панчук. 40 лет спектроскопии высокого разрешения на БТА. В кн. «САО РАН 50 лет. Юбилейный сборник», Нижний Архыз, 2018, с.49-70.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сайт В.Панчука http://astrospectra.narod.ru/ – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Системы обработки астрономических данных SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН

Дисциплина	Методы панорамной спектроскопии			
№	2.1.10. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	16	8	12
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Понятие «куба данных». История возникновения и развития методов панорамной (3D) спектроскопии. 2. Интегрально-полевые спектрографы с линзовым растром. 3. Интегрально-полевые спектрографы с волоконным входом. 4. Комбинированные системы. Резатели изображения (слайсеры). Спектрограф MPFS в CAO РАН. Перспективные спектрографы нового поколения. 5. 3D спектроскопия со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. Перенастраиваемые фильтры. 6. Методы анализа собранных «кубов данных».			
Наименование практических работ	– Тема 4. Комбинированные системы. Резатели изображения (слайсеры). Спектрограф MPFS в CAO РАН. Перспективные спектрографы нового поколения. – Тема 5. 3D спектроскопия со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. Перенастраиваемые фильтры. – Тема 6. Методы анализа собранных «кубов данных».			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – современные технологии получения наблюдательных данных методами панорамной спектроскопии; – форматы представления данных 3D спектроскопии; – основные принципы и алгоритмы первичной редукции данных 3D спектроскопии; – способы анализа 3D спектров в оптическом и ближнем ИК диапазонах. Уметь: – выбирать тип панорамного спектрографа, наиболее эффективно подходящего для решения поставленной астрофизической задачи; – использовать доступные в Интернет архивы наблюдательных данных панорамной спектроскопии для выполнения исследования протяженных астрономических объектов;			

	– выполнять обработку и анализ данных 3D спектроскопии. Владеть – навыками в первичной редукции данных панорамной спектроскопии; – методиками анализа кубов данных в оптическом и ближнем ИК диапазоне.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. «3D Spectroscopy in Astronomy» eds. E. Mediavilla, S. Arribas, M. Roth, J. Cepa-Nogue, and F. Sanchez, Cambridge University Press, 2009 2. «Science perspectives for 3D spectroscopy», eds M. Kissler-Patig, J.R. Walsh, M.M. Roth, ESO Astrophysics symposia, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007 3. «Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо» Моисеев А.В., препринт CAO РАН, N 166, 2002 4. «Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. II. Дополнительные процедуры», Моисеев А.В., Егоров О.В., Астрофизический Бюллетень, т. 63, с. 193, 2008
Дополнительная литература	1. «Tridimensional Optical Spectroscopic Methods in Astrophysics» ASP Conference Series, Volume 71. Editor(s), G. Comte, M. Marcellin; Publisher, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, California, 1995. 2. «Структура и эволюция галактик по наблюдениям их внутренней кинематики», Моисеев А.В., диссертация на соискание степени доктора физ.-мат. наук, CAO РАН, 2012 http://www.sao.ru/hq/moisav/moisav/Manuscript2_compact.pdf 3. Mediavilla E. et al. (eds)., «3D Spectroscopy in Astronomy», Cambridge University Press: 2010 (глава 3 доступна в arXiv:0910.0167) 4. Пилюгин, Л.С., «Ионизованный газ в галактиках: физическое состояние и химический состав», 2013 5. Моисеев А.В., «Сканирующий интерферометр Фабри-Перо на 6-м телескопе CAO РАН», Астрофизический бюллетень, 2021, 76, 380 https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol76/N3/ASPB380.pdf
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Integral Field Spectroscopy Wiki: http://ifs.wikidot.com/ – The Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey (CALIFA): http://califa.caha.es/ – ULySS (University of Lyon Spectroscopic analysis Software): http://ulyss.univ-lyon1.fr/ – The SAURON (Spectrographic Areal Unit for Research on Optical Nebulae) project website: http://www.strw.leidenuniv.nl/sauron/ – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/

	– Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– ULySS (University of Lyon Spectroscopic analysis Software) программное обеспечение для анализа астрономических данных.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН.

Дисциплина	Наблюдательные проявления релятивистских объектов в оптическом диапазоне			
№	2.1.11. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	18	6	12
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Объекты: – Эволюция массивных звезд и образование черных дыр и нейтронных звезд. – Магнитные поля релятивистских объектов. – Эволюция релятивистских объектов.			

	2. Механизмы излучения релятивистских объектов: – Трансформация энергии в релятивистских объектах. Аккреция и эжекция. – Ускорение и излучение релятивистских частиц в релятивистских объектах. – Переменность излучения релятивистских объектов. 3. Методы исследования релятивистских объектов в оптическом диапазоне: – Типы астрономических источников. – Детекторы для изучения релятивистских объектов. – Методы исследования релятивистских объектов в оптическом диапазоне.
Наименование практических работ	– Раздел 1. Объекты. Тема 3. Эволюция релятивистских объектов. – Раздел 2. Механизмы излучения релятивистских объектов. Тема 3. Переменность излучения релятивистских объектов. – Раздел 3. Методы исследования релятивистских объектов в оптическом диапазоне. Тема 3. Методы исследования релятивистских объектов в оптическом диапазоне.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – характеристики различных типов релятивистских объектов и особенности их рождения и эволюции; – детали процессов взаимодействия вещества с релятивистскими объектами разных типов; – особенности механизмов генерации оптического излучения в окрестностях релятивистских объектов; – современные технологии получения наблюдательных данных о релятивистских объектах в оптическом диапазоне; – методы теоретического анализа наблюдений. Уметь: – использовать методики анализа данных наблюдений; – использовать всемирные банки информации при проведении исследований; – корректно проводить астрофизическую интерпретацию результатов наблюдений; – определять физические характеристики вещества и поля по результатам наблюдений. Владеть – навыками описания физических процессов в экстремальных гравитационных полях; – методиками анализа данных наблюдений в оптическом диапазоне;

	– основными методами статистического анализа астрономической информации.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Зельдович Я.Б. и Новиков И.Д., Теория тяготения и эволюция звезд, М.: Наука, 1971 (http://alexandr4784.narod.ru/zn_1.htm) 2. Лайтман А., Пресс В., Прайс Р., Тюкольски С., Сборник задач по теории относительности и гравитации, М: Мир, 1979 (http://www.tnu.in.ua/study/books.php?do=file&id=2550) 3. Бескин В.С., Гравитация и астрофизика, М.: Физматлит, 2009 4. Фортов В.Е., Экстремальные состояния вещества, учебн. пособие, М.: Физматлит, 2009 5. Черний А.Н., Релятивистская физика космоса, М: Научный мир, 2010 6. Березин В.А., Смирнов А.Л. О черных дырах и замаскированных черных дырах, Москва, 2008 7. Новиков И.Д., Фролов В.П. Физика черных дыр, М. Наука, 1986
Дополнительная литература	1. Липунов В.М., Астрофизика нейтронных звезд, М.: Наука, 1987 (http://alexandr4784.narod.ru/lipunov.htm) 2. Шапиро С.Л., Тюкольски С.А. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды, т.1, 2, Мир, 1985 3. Габсер С., Преториус Ф. Маленькая книга о черных дырах, Спб, Питер, 2019
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Комплекс программ эксперимента МАНИЯ. – Сайт системы Мини-МегаТОРТОРА http://mmt.favor2.info/
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах;

	– сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН
--	--

Дисциплина	Оптические наблюдательные методы в астрофизике			
№	2.1.12. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	108 (2)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	108	20	50	38
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Введение. Шкала звездных величин. Глаз как оптический инструмент. Глазомерные оценки блеска звезд. Оптические телескопы 2. Исторический обзор приемников излучения. Современное состояние. Приемники, используемые в САО РАН 3. Основы фотометрии. Фотометрические системы. Фотометры 4. Основы спектроскопии. Призмённые, дифракционные и комбинированные спектрографы. Эшелле-спектроскопия. Эшелле-спектрографы. Базовые понятия Фурье-спектроскопии 5. Спектрофотометрия 6. Основы поляриметрии, широкополосная поляриметрия, спектрополяриметрия 7. Интерферометрические методы, методы адаптивной оптики 8. Введение в систему проектирования оптических систем ZEMAX 9. Введение в систему редукиции и анализа данных астрофизических наблюдений MIDAS 10. Введение в систему редукиции и анализа данных астрофизических наблюдений IRAF 11. Введение в систему анализа спектральных данных астрофизических наблюдений DECH. Заключение			
Наименование практических работ	– Тема.3. Основы фотометрии – Тема 4. Основы спектроскопии – Тема 5. Спектрофотометрия – Тема 6. Основы поляриметрии. – Тема.8. Введение в систему проектирования оптических систем ZEMAX – Тема.9: Введение в систему редукиции и анализа данных астрофизических наблюдений MIDAS – Тема.10: Введение в систему редукиции и анализа данных астрофизических наблюдений IRAF – Тема 11. Введение в систему анализа спектральных данных астрофизических наблюдений DECH. Заключение.			
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий;			

	– конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – современные методы получения астрофизических наблюдательных данных в оптическом диапазоне; – методы редукции и анализа данных наблюдений; – оптические схемы инструментов, с помощью которых проводятся астрофизические наблюдения в оптическом диапазоне и базовые принципы их проектирования. Уметь: – анализировать и проектировать идеальные оптические схемы астрофизических инструментов; – использовать методики редукции и анализа наблюдательных данных. Владеть – базовыми навыками проектирования идеальных оптических схем астрофизических приборов); – навыками использования современного компьютерного инструментария для работы с астрономическими наблюдательными данными; – методологией редукции и анализа наблюдательных данных.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Мартынов Д.Я., Курс практической астрофизики, М.: Наука, 1977 2. Уокер Г., Астрономические наблюдения, М.: Мир, 1990 3. Ландсберг, Г.С., Оптика, М.: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003 4. Матвеев А.Н., Оптика, М.: Высш. шк., 1985 5. Сурдин В.Г., Небо и телескоп, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017
Дополнительная литература	1. Ермолаева Е.В., Зверев В.А., Филатов А.А. Адаптивная оптика, С.-Петербург, Издательство ИТМО, 2012 2. Горда С.Ю., Современные астрономические спектрометры и методы обработки спектрограмм, Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 91 с. 3. Максудов Д. Д., Астрономическая оптика, Л.: Наука, 1979 4. Страйжис В., Многоцветная фотометрия звезд, Москва, 2012 5. Афанасьев В.Л., Амирханян В.Р. Методика поляриметрических наблюдений слабых объектов на 6-м телескопе БТА // Астрофиз. Бюл. - 2012. – Т. 67, №4. – С.455-469 6. Афанасьев В.Л., Гажур Э.Б., Желенков С.Р., Моисеев А.В. SCORPIO: редуктор светосилы первичного фокуса БТА // Астрофиз.Бюлл. – Т. 58. – с.90-117 7. Афанасьев В.Л., Додонов С.Н., Амирханян В.Р., Моисеев А.В. Спектрограф низкого и среднего разрешения

- АДАМ для 1.6-м телескопа АЗТ-33ИК // Астрофиз. Бюлл. – 2016. – Т. 71, №4. – с.514-525
8. Афанасьев В.Л., Моисеев А.В. Универсальный редуктор светосилы 6-м телескопа БТА SCORPIO// Письма в Астрономический журнал.- 2005.-Т. 32, №3. – С. 214-225
 9. Афанасьев В.Л., Моисеев А.В. Универсальный редуктор светосилы SCORPIO, Руководство пользователя», Нижний Архыз, 2012
 10. Афанасьева И.В. Исследование искажения статистики отсчетов при наблюдениях с ПЗС посредством фактора Фано // Астрофиз. Бюлл. - 2014. – Т. 71, №3. – с.396
 11. Афанасьева И.В. Система управления и сбора данных для высокоскоростных широкоформатных ПЗС-систем // Астрофиз. Бюлл. - 2015. – Т. 70, №2. – с.244-251
 12. Бескин Г.М., Карпов С.В., Бирюков А.В., Бондарь С.Ф., Иванов Е.А., Каткова Е.В., Орехова Н.В., Перков А.В., Сасюк В.В. Широкоугольный оптический мониторинг с помощью многоканального телескопа высокого временного разрешения Мини- МегаТОРТОРА (ММТ) // Астрофиз. Бюлл. - 2017. – Т. 72, №1. – с.89-102
 13. Валявин Г.Г., Бычков В.Д., Юшкин М.В. и др. Эшельный спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для БТА. I. Оптическая схема, размещение, система контроля // Астрофиз. Бюлл. - 2014. - Т.69,№2. – с.239-255
 14. Драбек С.В., Комаров В.В., Потанин С.А., Саввин А.Д., Москвитин А.С, Спиридонова О.И. Исследование качества оптической системы телескопа Цейсс-1000 с помощью датчика волнового фронта Шака-Гартмана // Астрофиз. Бюлл. - 2017. – Т. 72, №2. – с.227-238
 15. Емельянов Э.В. Анализ температурных режимов элементов 6-м телескопа БТА и объема башни // Астрофиз. Бюлл. - 2015. – Т. 70, №3. – с.384-394
 16. Ключкова В.Г., Панчук В.Е., Романенко В.П., Найденов И.Д. Поляриметрия и спектроскопия звезд. Приборы и методы // Астрофиз. Бюлл. – Т. 58. – с.132-144
 17. Ключкова В.Г., Панчук В.Е., Юшкин М.В. УФ-спектроскопия звезд на БТА // Ультрафиолетовая Вселенная-II: По материалам Всерос. конф., 19-20 мая, 2008, Москва, Россия / Ред. Б.М. Шустов и др. – М., 2008. – с. 46-59.
 18. Кукушкин Д.Е.,Сазоненко Д.А, Бахолдин А.В., Юшкин М.В., Бычков В.Д. Спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для 6-м телескопа САО РАН. Поляризационный модуль // Астрофиз. Бюлл. – 2016. – Т.71 №2. – с.270-278
 19. Максимов А.Ф., Балега Ю.Ю., Дьяченко В.В., Малоголовец Е.В., Растегаев Д.А., Семерников Е.А. Спекл-интерферометр 6-м телескопа САО РАН на основе EMCCD: характеристики и первые результаты // Астрофиз. Бюлл. – 2009. – Т. 64, № 3. – с. 308-321
 20. Моисеев А.В., Егоров О.В. Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо // Астрофиз. Бюлл. – 2002 – Т. 54. – с.74-88; astro- ph/0211104
 21. Моисеев А.В., Егоров О.В. Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. II. Дополнительные процедуры // Астрофиз. Бюлл. – 2008. – Т. 63, № 2. – с. 193-204.

22. Моисеев А.В. Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. III. Уточнение шкалы длин волн // *Астрофиз. Бюлл.* - 2015. – Т. 70, №4. – с.524-531
23. Муслимов Э.Р., Павлычева Н.К., Валявин Г.Г., Фабрика С.Н. Голографический спектрограф умеренного спектрального разрешения // *Астрофиз. Бюлл.* - 2016. – Т. 71, №3. – с.386-396
24. Панчук В.Е., Ключкова В.Г., Юшкин М.В., Якопов М.В. Спектроскопия звезд в наземном ультрафиолете. I. Техника наблюдений // *Астрофиз. Бюлл.* – 2009. – Т. 64, № 4. – с. 411-420
25. Панчук В.Е., Чунтонов Г.А., Найденов И.Д. Основной звездный спектрограф БТА. Опыт исследования, реконструкция и эксплуатация // *Астрофиз. Бюлл.* – 2014. – Т.69, №3. – с. 360-376
26. Панчук В.Е., Чунтонов Г.А., Найденов И.Д. Основной звездный спектрограф БТА. Опыт исследования, реконструкции и эксплуатации // *Астрофиз. Бюлл.* – 2014. – Т. 69, №3. – с.360-377
27. Панчук В.Е., Юшкин М.В., Ключкова В.Г., Якопов Г.В., Верич Ю.Б. Проект спектрографа высокого разрешения для 1-метрового телескопа САО // *Астрофиз. Бюлл.* – 2015. – Т. 70, №2. – с.237-244
28. Плохотниченко В.Л., Бескин Г.М., де Бур В.Г., Карпов С.В., Бадьин Д.А., Любецкая З.В., Любецкий А.П., Павлова В.В. Многомодовый панорамный фотоспектрополяриметр высокого временного разрешения // *Астрофиз. Бюлл.* – 2009. – Т. 64, № 3. – с. 322-331
29. Удовицкий Р.Ю., Сотникова Ю.В., Мингалиев М.Г., Цыбулев П.Г., Жеканис Г.В., Нижельский Н.А. Автоматизированная система обработки наблюдательных данных на радиотелескопе РАТАН-600 // *Астрофиз. Бюлл.* – 2016. – Т. 71, №4. – с.532-542
30. Чунтонов Г.А. Дихроичный анализатор круговой поляризации ОЗСП БТА // *Астрофиз. Бюлл.* – 2016. – Т. 71, №4. – с.525-532
31. Юшкин М.В., Фатхуллин Т.А., Панчук В.Е. Математическая модель орбитальных и наземных спектрографов скрещенной дисперсии // *Астрофиз. Бюлл.* – 2016. – Т. 71, №3. – с.372-386
32. Chrispin Karthick. M., *Astronomer's Data Reduction Guide: Image processing through IRAF commands* Paperback – January 10, 2012
33. Трефилова Т.Ю., Шишаков К.В. Методическое пособие для изучения ZEMAX, используемого при выполнении лабораторных работ по курсу «Оптические устройства в радиотехнике» (для студентов 4 курса по спец. «Радиотехника»), Электронное издательство ИжГТУ, 2006, УДК 621.373.115
34. Валявин Г.Г., Мусаев Ф.А., Перков А.В., Аитов В.Н., Бычков В.Д., Драбек С.В., Шергин В.С., Сазоненко Д.А., Кукушкин Д.Е., Галазутдинов Г.А., Емельянов Э.В., Якопов Г.В., Бурлакова Т.Е., Берто Ж.-Л., Тавров А.В., Кораблев О.И., Юшкин М.В., Валеев А.Ф., Гадельшин Д.Р., Ким К.-М., Хан Инву, Ли Б.-Ч. Оптоволоконный спектрограф высокого спектрального разрешения для БТА: Оценка эффективности // *Астрофиз. Бюлл.* – 2020, – Т. 75, № 2, с. 218–225. DOI: 10.1134/S1990341320020157
35. Комаров В.В., Москвитин А.С., Бычков В.Д., Буренков А.Н., Драбек С.В., Шергин В.С., Емельянов Э.В., Комарова В.Н., Романенко В.П., Аитов В.Н. ЦЕЙСС-1000 САО РАН: приборы и методы наблюдений //

	Астрофиз. Бюлл. – 2020 – Т. 75, № 4, с. 547–564. DOI: 10.1134/S1990341320040112 36. Валявин Г.Г., Бычков В.Д., Юшкин М.В., Галазутдинов Г.А., Драбек С.В., Шергин В.С., Саркисян А.Н., Семенко Е.А., Бурлакова Т.Е., Кравченко В.М., Кудрявцев Д.О., Притыченко А.М., Крюков П.Г., Семёнов С.Л., Мусаев Ф.А., Фабрика С.Н. Эшельный спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для БТА. I. Оптическая схема, размещение, система контроля // Астрофиз. Бюлл. – 2014 – Т. 69, № 2, с. 239–255. DOI: 10.1134/S1990341314020102 37. Кукушкин Д. Е., Сазоненко Д. А., Бахолдин А. В., Юшкин М. В., Бычков В. Д. Спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для 6-м телескопа САО РАН. Поляризационный модуль // Астрофиз. Бюлл. – 2016 – Т. 71, № 2, с. 270–278. DOI: 10.1134/S1990341316020127 38.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Руководство пользователя MIDAS (том А): http://www.eso.org/sci/software/esomidas/doc/user/98NOV/vola/ – Руководство пользователя MIDAS (том В): http://www.eso.org/sci/software/esomidas/doc/user/98NOV/volb/ – Руководство пользователя IRAF: http://iraf.noao.edu/docs/spectra.html – Руководство пользователя IRAF по обработке эшелле-спектров: http://astro.ins.urfu.ru/sites/default/files/Eshelle_manual_1.0.pdf – Руководство пользователя ZEMAX: http://optdesign.narod.ru/zemax/zemax_rus.pdf – ОЗСП - основной звездный спектрограф с ПЗС в фокусе Нэсмит-2 http://www.sao.ru/hq/lizm/mss/ru/ – НЭС - эшелле-спектрометр высокого разрешения с ПЗС в фокусе Нэсмит-2 http://www.sao.ru/hq/ssl/NES.html – SCORPIO - многорежимный фокальный редуктор первичного фокуса http://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/scorpio/scorpio.htm – SCORPIO-2 - универсальный спектрограф в первичном фокусе http://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/scorpio-2/index_rus.html – МРРР - многоцветный панорамный фотометр-поляриметр с высоким временным разрешением в первичном фокусе http://www.sao.ru/hq/ra/instruments/MRPP/index_rus.html – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звездный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное	– Система обработки изображений и анализа данных MIDAS http://www.eso.org/sci/software/esomidas/ – Система обработки и анализа астрофизических данных IRAF http://iraf.noao.edu/ – Программа для моделирования, анализа и проектирования оптических систем Zemax http://www.zemax.com/

обеспечение и информационно справочные системы	– Система обработки и анализа астрофизических данных DECH: http://www.gazinur.com/Download.html
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН

Дисциплина	Орбитальные стратосферные астрономические спектрографы			
№	2.1.13. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	30	4	2
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Преимущества орбитальной спектроскопии. Доступность УФ и ИК – диапазонов. Низкие требования к широкощельности. Всепогодность. Доступность объектов с любыми координатами. Длительные экспозиции (не всегда). Высокое угловое разрешение. Привлечение высоких технологий. Темп анализа данных. Публичность процесса. Недостатки орбитальной спектроскопии. Условия разработки аппаратуры. Невозможность наземных испытаний в адекватных условиях. Особые условия эксплуатации прибора. Высокая стоимость (регистрируемого фотона). Короткое (по сравнению с наземными телескопами) время жизни. Высокий темп анализа данных. Высокие требования к уровню эксплуатации. Высокая степень публичности процесса. 2. Ракетная спектроскопия в УФ-диапазоне. Спектрофотометры на ракетах Aerobee, 1960-1965. R=57-1500. Спектроскопия с электронографической регистрацией, Aerobee, 1967. R=300-500. 1984 - 40см телескоп на ракете, эшелле спектрограф, R=60000, МАМА (мультианодный микроканальный массив 24x1024 элементов), регистрация до 7 соседних порядков. IMAPS, 1985, без питающей оптики, эшелле спектрограф, две поверхности, эффективная площадь 250см², R=130000, ЭОП+ПЗС (320x256 элементов). 3. Обсерватория ОАО-2. 1968. Два спектрометра эффективной площадью по 265см², сканирование плоскими решетками, R=15-150, 1000-2000Å и 2000-4000Å. Спектроскопия с аэростатов 1972, UCL+QUB, высота			

- 40 км. Стабилизация вторичными зеркалами. 2740-2870AA, R=27000, диссектор и фото.
4. **Спутник TD-1.** Трехканальный спектрофотометр. Перемещение звезды в поле зрения (через поле спектрофотометра и фотометра) приводит к перемещению спектра поперек щелей. Обзор и сканирование вращением аппарата. 1350-2550AA, R=100.
 5. **Обсерватория ОАО-3.** Copernicus (1972-1981), 80см телескоп, встроенный сканирующий спектрометр Пашена-Рунге, R=30000, 710-3275AA, 4 ФЭУ. **ОРИОН-2** КА Союз-13, (1973). Менисковый кассегрэн D=22см, F=1м, 4-градусная призма, R=250-100, 2000-800A, фотопленка. Каталог УФ-спектров 900 слабых (до m=13) звезд.
 6. **Спутник IUE.** 1978-1996, 45см телескоп, эшелле спектрометр, R=10000, 1150-3200AA . Два SEC-видикона. Примеры изображений спектров высокого и низкого разрешения. Архив. **Обсерватория АСТРОН.** 1983-1992, 80см телескоп «Спика», сканирующий роуландовский спектрометр, R=7000, 4 ФЭУ. WUPPE 1990, 1995
 7. **Годдардовский спектрограф GHRS HST.** 1990-1997, апертуры LSA (2 $\parallel$) и SSA (0.25 $\parallel$), два комплекта оптики на два диапазона, R=2000, 25000, 80000. 1050-3300AA . 2 Digicon'a, 512 каналов. **Спектрограф STIS HST.** 1997-2004, R=50, 500-1000, 5000-10000, 23000-35000, 105000. MAMA - 1150-3100AA, CCD –3050-10000AA. **Спектрограф COS HST.**
 8. **Эксперимент HUT.** ASTRO, Columbia, 1990 (8 суток), 1995 (14 суток). Вместе с экспериментами UIT и WUPPE. D=90см. Роуландовский спектрометр, 600штр/мм, 825-1850AA, R=400. **Спутник экстремального ультрафиолета EUVE.** 1992-2001, 70-760A, R=275, часть апертуры для спектроскопии. **Эксперимент ORFEUS.** Две миссии, 1993 (5 суток) и 1996 (14 суток). Платформа ORFEUS-SPAS на КА Columbia. IMAPS. **Приемники MCP+WSA.** MCP –большое число трубок из слабо проводящего стекла, коэффициент вторичной электронной эмиссии >1. Снижение шумов при увеличении усиления. Сочетание с клино-полосным анодом (WSA) – кодировка на выходе.
 9. **Эксперимент TUES.** 1993, 1996, 1м F:2.4 телескоп, R=10000 с апертурой 10 угл.сек., 900-1400AA, приемник MCP-WSA, 40x40мм. **Эксперимент BEFS.** 1993, 1996, D=1м, F:2.4, роуландовский спектрометр, 4 тороидальные решетки, одновременная регистрация в 4-х поддиапазонах, 390-1200AA, R=7000. Два приемника MCP. Сегментирование апертуры.
 10. **Спутник далекого ультрафиолета FUSE.** 1999, 905-1187AA, R=30000. **Спутник GALEX.** 2003, D=0.5см, 1344-2831AA, R=300-80, первая гризма для FUV и UV диапазонов, первый дихроичный делитель диапазонов, приемники – MCP диаметром 65мм.
 11. Спектральная аппаратура проекта ВКО-УФ.
 12. ИК-проекты: IRAS, WIRE, Spitzer, Hershel.
 13. Миссии Kepler, GAIA, COROT, TPF.
 14. Архитектура наземных комплексов. Принципы организации и планирования орбитальных наблюдений.

	15. Федеральная космическая программа России. 16. Практические занятия: Работа с архивами IUE и HST
Наименование практических работ	– Тема 16. Работа с архивами IUE и HST.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – перечисленную учебно-методическую и научную литературу, включая основные ссылки; – особенности получения спектроскопических данных на всех орбитальных миссиях, как завершенных, так и продолжающихся; – технические характеристики планируемых орбитальных спектроскопических проектов; – правила использования архивных данных. Уметь: – использовать системы обработки астрономических данных (SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH); – использовать графический материал, получаемый в результате обработки данных, при подготовке публикуемых результатов; – осуществлять поиск дополнительной информации (оригинальные исследования, технические описания приборов, инструкции по использованию наблюдательных данных). Владеть – пакетами обработки данных, разработанными для конкретных орбитальных экспериментов; – методами статистической обработки данных.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Космическая физика. Под ред. Д.П. де Гэлли и А.Розена. М., Мир, 1966, 739с. 2. Космическая оптика. Под ред. В.К.Аблекова. М., Машиностроение, 1980, 536с. 3. Современные телескопы. Под ред. Дж.Бербиджа и А.Хьюит. М., Мир, 1984, с.149-306. 4. М.Эклз, Э.Сим, К.Триттон. Детекторы слабого излучения в астрономии. "Мир", М., 1986, 200с. 5. Астрофизические исследования на космической станции «Астрон». Под ред. А.А.Боярчука. 1994, 416с. 6. Ультрафиолетовая Вселенная. Под ред. Б.М.Шустова и Д.З.Вибе. М., Геос, 2001, 220с. 7. Ультрафиолетовая Вселенная. II. Под ред. Б.М.Шустова М.Е.Сачкова и Е.Ю.Кильпио. М., Янус-К, 2008, 344с.

	8. В.Е.Панчук, Б.М.Шустов, М.В.Юшкин. Ультрафиолетовая спектроскопия астрофизических объектов. Оптический журнал. 2006. т.73, с.49-59. 9. Panchuk Vladimir, Yushkin Maxim, Fatkhullin Timur, <u>Sachkov Mikhail</u>. Optical layouts of the WSO-UV spectrographs. Astrophysics and Space Science. 2014. Vol.354, Iss.1, pp.163-168.
Дополнительная литература	1. Harris A.W., Sonneborn G. 1987. How to Use IUE Data, in Exploring the Universe with the IUE Satellite (Y.Kondo, ed.), p.729. 2. MAST - archive.stsci.edu 2. И.В.Скоков, Д.А.Журавлев, В.П.Журавлева. Проектирование дифракционных спектрографов. "Машиностроение", М., 1991, 128с. 3. Вестник НПО им. С.А.Лавочкина, 2014, вып.5 (26). 4. M.V.Yushkin, T.A.Fatkhullin, V.E.<u>Panchuk</u>. Mathematical model of orbital and ground-based cross-dispersion spectrographs. Astrophysical Bulletin, 2016. Vol.71, Iss.3, pp.343-356.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сайт В.Панчука http://astrotelescope.narod.ru/orbitlinks.html – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Специальное программное обеспечение не требуется
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	Практическая космология Ближней Вселенной			
№	2.1.14. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	36 (2/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	36	12	11	13
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Принципы астрономических наблюдений, выполняемых с целью получения фотометрических и спектральных данных о внегалактических объектах. 2. Методы первичной обработки и последующего анализа фотометрических и спектральных данных с применением астрономических пакетов программ. 3. Поверхностная фотометрия. Моделирование профилей поверхностной яркости. Определение фотометрических и структурных свойств галактик. 4. Звездный состав галактик и звездных скоплений. Анализ диаграммы «Цвет – звездная величина». Сравнение интегральных цветов звездных скоплений с модельными. 5. Длиннощелевая спектроскопия галактик и звездных скоплений; определение их усредненного возраста и химического состава с применением модельных спектров. 6. Природа зависимостей между наблюдаемыми характеристиками галактик: соотношений фундаментальной плоскости (Талли-Фишера, Фабер-Джексона, Корменди), масса-светимость, масса-металличность, поверхностная плотность - размер. 7. Методы определения расстояний до галактик с помощью подсчетов и измерения яркости звезд и звездных скоплений в исследуемых объектах: ярчайших сверхгигантов, флуктуаций поверхностной яркости, Фабер-Джексона, функции светимости шаровых скоплений, функции светимости планетарных туманностей.			
Наименование практических работ	– Тема 1. Принципы астрономических наблюдений, выполняемых с целью получения фотометрических и спектральных данных о внегалактических объектах. – Тема 2. Методы первичной обработки и последующего анализа фотометрических и спектральных данных с применением астрономических пакетов программ (MIDAS, IRAF и др.). – Тема 3. Поверхностная фотометрия. Моделирование профилей поверхностной яркости. Определение фотометрических и структурных свойств галактик. – Тема 4. Звездный состав галактик и звездных скоплений. Анализ диаграммы – «Цвет – звездная величина». Сравнение интегральных цветов звездных скоплений с модельными. – Тема 5. Длиннощелевая спектроскопия галактик и звездных скоплений; определение их усредненного возраста и химического состава с применением модельных спектров.			

	– Тема 6. Природа зависимостей между наблюдаемыми характеристиками галактик: соотношений фундаментальной плоскости (Талли-Фишера, Фабер-Джексона, Корменди), масса-светимость, масса-металличность, поверхностная плотность - размер. – Тема 7. Методы определения расстояний до галактик с помощью подсчетов и измерения яркости звезд и звездных скоплений в исследуемых объектах: ярчайших сверхгигантов, флуктуаций поверхностной яркости, Фабер-Джексона, функции светимости шаровых скоплений, функции светимости планетарных туманностей.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики; – порядки численных величин, характерных для различных разделов физики; – современные проблемы физики, астрономии, астрофизики, космологии, математики; – механизмы изучения и явлений, наблюдаемых при помощи телескопов разных диапазонов длин волн; – экспериментальные основы оптической и радиоастрономии. Уметь: – пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач; – делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; – производить численные оценки по порядку величины; – делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах; – видеть физическое содержание в наблюдаемых в космическом пространстве явлениях; – осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики; – получать значения измеряемых величин астрофизических объектов и правильно оценить степень их достоверности; – эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов. Владеть – навыками освоения большого объема информации; – навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете; – культурой постановки и моделирования астрофизических задач; – навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными; – навыками математической статистики и гармонического анализа;

	– навыками анализа систематических ошибок в наблюдениях, связанных со свойствами телескопов и методов обработки.
Формы контроля отчетности	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков, «Строение и эволюция Вселенной», М.: Наука (1975). 2. Ф.Дж. Пиблс, «Структура Вселенной в больших масштабах» М.: Мир (1983). 3. Г. Уокер, «Астрономические наблюдения». М.: Мир (1990). 4. А.В. Миронов, Основы астрофотометрии. Практические основы высокоточной фотометрии и спектрофотометрии звезд, Учебное пособие, М. : МГУ (2005). 5. А.В. Миронов, Прецизионная фотометрия, М.: МГУ - ГАИШ (1997), (http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents). 6. В.П. Решетников «Поверхностная фотометрия галактик», СПбГУ (2002), (http://www.astronet.ru/db/msg/1166765) 7. G.H. Jacoby, et al., «A Critical Review of Selected Techniques for measuring Extragalactic Distances», PASP 104, 599 (1992) (https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Jacoby/Jacoby_abstract.html). 8. I.D. Karachentsev, N.A. Tikhonov, «New photometric distances for dwarf galaxies in the Local Volume», A&A 286, 718 (1994). 9. L. Rizzi, R.B. Tully, D.I. Makarov, L.N. Makarova, A.E. Dolphin, S. Sakai, Shaya E.J., «Tip of the Red Giant Branch Distances. II. Zero-Point Calibration», ApJ, 661, 815 (2007). 10. М. Е. Шарина, В. В. Шиманский, Н. Н. Шиманская, «Анализ Интегральных Спектров Галактических Шаровых Скоплений», Астрофизический Бюллетень, 75, No 3, с. 282 (2020) (https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol75/N3/ASPB282.pdf). 11. А.С. Расторгуев «Шкала расстояний во Вселенной», http://www.astronet.ru/db/msg/1171218 12. М.Е. Шарина «Фотометрия разрешенных на звезды галактик и определение расстояний до них», методическое пособие: http://heritage.sai.msu.ru/ucheb/met_izd.html
Дополнительная литература	1. А.Ю. Князев Стандартная система редукции астрономических данных MIDAS: http://heritage.sai.msu.ru/ucheb/Knyazev/ . 2. Пособие Вольновой А.А. и Шульги А.П. на основе документа Дж. Валавендера «Introduction to IRAF»: http://www.astronet.ru/db/msg/1216409 . 3. B. W. Carney, Star Clusters, Saas-Fee Advanced Courses, Vol. 28: Stellar Evolution in Globular Clusters (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2001) p. 1. 4. D. Makarov, P. Prugniel, N. Terekhova, H. Courtois, I. Vauglin, «HyperLEDA. III. The catalogue of extragalactic distances», A&A 570,13 (2014)

	5. G.S. Anand, R.B. Tully, L. Rizzi, A.G. Riess, W. Yuan, «Comparing Tip of the Red Giant Branch Distance Scales: An Independent Reduction of the Carnegie-Chicago Hubble Program and the Value of the Hubble Constant», ApJ 932, 15 (2022). 6. E. Kourkchi et al., «Cosmicflows-4: The Calibration of Optical and Infrared Tully–Fisher Relations», ApJ 896, 3 (2020). 7. J. P. Greco, P. van Dokkum, S. Danieli, S.G. Carlsten, C. Conroy, «Measuring Distances to Low-luminosity Galaxies Using Surface Brightness Fluctuations», ApJ 908, 24 (2021). 8. M. Romaniello et al., «The iron and oxygen content of LMC Classical Cepheids and its implications for the extragalactic distance scale and Hubble constant», A&A, 658, 29 (2022). 9. M. Della Valle, L. Izzo, «Observations of galactic and extragalactic novae», The Astronomy and Astrophysics Review, Vol. 28, 3 (2020). 10. J. Roman, M.A. Beasley, T. Ruiz-Lara, D. Valls-Gabaud, «Discovery of a red ultra-diffuse galaxy in a nearby void based on its globular cluster luminosity function», MNRAS 486, 823 (2019). 11. M. E. Sharina et al., «Photometric properties of the Local Volume dwarf galaxies», MNRAS, 384, 1544 (2008). 12. M. E. Sharina, V. V. Shimansky and A. Y. Kniazev, «Nuclei of dwarf spheroidal galaxies KKs 3 and ESO 269–66 and their counterparts in our Galaxy», MNRAS 471, 1955 (2017). 13. Н. Р. Аракелян, С. В. Пилипенко, М. Е. Шарина «Шаровые скопления, потерянные сфероидальной карликовой галактикой в Стрельце», Астрофизический Бюллетень, 75, No 4, с. 444 (2020) (https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol75/N4/ASPB444.pdf) . 14. D.A. Forbes et al., «Globular cluster formation and evolution in the context of cosmological galaxy assembly: open questions», Proceedings of the Royal Society A, 474, Issue 2210, id.20170616 (2018), https://doi.org/10.1098/rspa.2017.0616 15. L. Makarova, «Multi-colour photometry of nearby dwarf galaxies», Astronomy and Astrophysics Supplement, 139, 491 (1999). 16. Сборник статей по основным проблемам астрофизики: «A Knowledgebase for Extragalactic Astronomy and Cosmology»: https://ned.ipac.caltech.edu/level5/
Ресурсы информационно- телекоммуникационной сети «Интернет»	– База данных о галактиках Местного Объема: http://www.sao.ru/lv/lvgdb/ – Астрономическая база данных SIMBAD: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – База данных по изучению физики галактик: http://leda.univ-lyon1.fr/ – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Цифровой обзор неба SDSS - http://www.sdss.org/

	– MAST: Barbara A. Mikulski Archive for Space Telescopes - https://archive.stsci.edu/ – SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS), a digital library portal for researchers in astronomy and physics, operated by the Smithsonian Astrophysical Observatory - https://ui.adsabs.harvard.edu/
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Пакеты программ для анализа астрономических цифровых изображений и спектров:
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

Дисциплина	Современная галактическая радиоастрономия			
№	2.1.15. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часы	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	24	12	36
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Распределенное галактическое радиоизлучение. История открытия и современные измерения космическими аппаратами WMAP и PLANCK 2. Межзвездная среда, состав, методы исследований. 3. Дискретные галактические радиоисточники 4. НII области и планетарные туманности. 5. Остатки сверхновых (ОСН). 6. Типы и эволюция ОСН. 7. Радиопульсары. 8. Нейтральный водород. 9. Рекомбинационные радиолнии.			

	10. Мазерное радиоизлучение. 11. Молекулярная радиоспектроскопия. 12. Радиозвезды. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела для радиозвезд. 13. Механизмы радиоизлучения. 14. Микрокварзы.
Наименование практических работ	– Тема 5. Остатки сверхновых (ОСН). Типы и эволюция ОСН. – Тема 13. Микрокварзы.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – основные методы исследования на современных радиотелескопах; – современные технологии регистрации радиоволн от космических источников в Галактике; – методы теоретического анализа наблюдений – получение радиоспектров, их анализ, оценки радиосветимости, напряженности магнитного поля, и полной энергии, заключенной в релятивистских частицах источника; – способы определения спектрального индекса, механизма излучения, характерных временных масштабов переменности, поиска периодичности. Уметь: – использовать методику анализа радиоспектров – частотной зависимости плотности потока от источника; – использовать такие базы данных как CATS, NED, SIMBAD для проведения радиоастрономических исследований; – корректно обрабатывать записи калибровочных источников для определения точных электродинамических характеристик антенных систем; – определять физические характеристики космического источника – яркостную температуру, физические размеры, радиосветимость, магнитное поле. Владеть – навыками проведения наблюдений на радиотелескопе, например, на РАТАН-600, то есть уметь работать с эфемеридными программами, программами подготовки наблюдений; – методикой анализа полученных данных, обработки записей наблюдений; – основными методами определения плотностей потока из антенных температур математическими способами оценки точности измерений радиопотоков.

Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания, опрос. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Уилсон Т.Л. и др. «Инструменты и методы радиоастрономии», Физматлит, 2012 2. «Галактическая и внегалактическая радиоастрономия», под редакцией Верскера Г.Л. и Келлермана К.И., первое издание, 1974 и второе издание, 1988 3. Краус Д. «Радиоастрономия», Сов. Радио, первое издание, 1973 и второе издание, 1983. 4. Гинзбург В.Л., Сыроватский С.И. «Происхождение космических лучей», М., Изд-во АН СССР, 1963. 5. Н. Г. Бочкарев «Основы физики межзвездной среды», М.: URSS, издание 2-е, 2010 6. И. Ф. Малов «Механизмы космического излучения», учебное пособие, М.: URSS, 2010 7. Стюарт И. Математика космоса: Как современная наука расшифровывает Вселенную «Альпина Диджитал», 2016 8. Топильская, Г. П. Физика межзвездной среды : учебное пособие, М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 197 с. 9. В.К. Конникова, Е.Е. Лехт, Н.А. Силантьев Практическая радиоастрономия, МГУ, 2011 10. С. Габсер, Ф. Преториус Маленькая книга о черных дырах. Издательство «Питер», 2019
Дополнительная литература	1. Худсон Д. «Статистика для физиков», МИР, 1972. 2. Пахольчик А. «Радиоастрофизика», МИР, 1973. 3. Rybicki G.B., Lightman A.P., Radiative Processes in Astrophysics, Willey-VCH, 2004 4. Tucker W.H. Radiation Processes in Astrophysics (MIT, Cambridge, MA), 1975 5. Трушкин С.А., Наблюдения и теория излучения радиозвезд, цикл лекций, Нижний Архыз 6. Галактики, кол. Авторы, под ред. Сурдина, 2013, ФИЗМАТЛИТ
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– База данных радиоастрономических каталогов- http://cats.sao.ru – Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – База данных по внегалактическим объектам NED: http://ned.ipac.caltech.edu/ – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной системы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздные каталоги VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - http://www.sdss.org – Миссия WMAP https://lambda.gsfc.nasa.gov/product/wmap/current/ – Миссия Planck https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Planck/Celebrating_the_legacy_of_ESA_s_Planck_mission – Лекция Трушкина "Галактика в радиодиапазоне" https://www.youtube.com/watch?v=FqQNJPMvEnA&t=4s

Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Программа расчета эфемерид космических радиоисточников – EFRAT. – Программа пересчета координат – ерорh. – fgr - пакет обработки записей наблюдений на РАТАН-600 из пакета Олега Верходанова FADPS. – Пакеты подготовки наблюдений на РАТАН-600 - csmake и otmake1.
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет САО РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки САО РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий САО РАН

Дисциплина	Спектроскопия звезд и звездная эволюция			
№	2.1.16. (Ф)			
Трудоемкость, часы (недели)	72 (1 1/3)			
Объем занятий, часов	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	72	22	16	34
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	26. Наблюдаемые свойства одиночных звезд. Различные классификации спектров звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела. Функция светимости и начальная функция масс звезд. Пульсирующие и переменные звезды. Вращение звезд. Химический состав звезд. Новые и сверхновые звезды. Планетарные туманности. 27. Наблюдаемые свойства двойных звезд. Основные свойства двойных звезд. Затменные двойные звезды. Спектрально-двойные звезды. Визуально-двойные звезды. Кратные звезды. Распределение двойных звезд по массам, отношениям масс компонент и большим полуосям орбит. 28. Звездообразование в Галактике. Звездные скопления, ассоциации. Образование гигантских молекулярных облаков. Иерархическое звездообразование. 29. Эволюция массивных одиночных звезд, $M > 8 M_{\odot}$. Горение водорода и гелия в ядре. Влияние потери вещества на эволюцию массивных звезд. Поздние стадии эволюции массивных звезд. Взрыв сверхновой. 30. Эволюция звезд умеренных масс. Эволюция звезд $M < 2.3 M_{\odot}$. Эволюция звезд с $2.3 M_{\odot} < M < 8 M_{\odot}$. Потеря массы красными гигантами и сверхгигантами. Образование планетарных туманностей и вырожденных карликов. Звезды и планеты.			

	31. Модели атмосфер и основные физические соотношения. Методы определения эффективной температуры. Методы определения ускорения силы тяжести $\log g$. 32. Методы определения металличности. Методы определения содержания химических элементов. Методы определения скоростей осевого вращения звезд. Методы определения турбулентной скорости. 33. Методы определения масс звезд. Методы определения радиусов звезд. Методы определения светимости звезд. Методы определения возраста звезд. 34. Отождествление деталей в спектрах звезд разных типов. Измерение параметров отдельных спектральных линий (глубины, полуширины, эквивалентные ширины, доплеровские смещения, параметры асимметрии). 35. Работа с критериями спектральной классификации. 36. Исследование сложных (абсорбционно-эмиссионных) профилей линий. 37. Определение фундаментальных параметров звездных атмосфер по совокупности измеренных спектральных линий. 38. Определение содержания химических элементов по совокупности измеренных спектральных линий.
Наименование практических работ	– Тема 9. Отождествление деталей в спектрах звезд разных типов. Измерение параметров отдельных спектральных линий (глубины, полуширины, эквивалентные ширины, доплеровские смещения, параметры асимметрии). – Тема 10. Работа с критериями спектральной классификации. – Тема 11. Исследование сложных (абсорбционно-эмиссионных) профилей линий. – Тема 12. Определение фундаментальных параметров звездных атмосфер по совокупности измеренных спектральных линий. – Тема 13. Определение содержания химических элементов по совокупности измеренных спектральных линий.
Формы самостоятельной работы	– аннотирование и реферирование научных публикаций; – выполнение индивидуальных заданий; – конспектирование и комментирование источников; – подготовка к практическим занятиям; – обработка результатов эксперимента на ЭВМ.
Результаты освоения дисциплины	Знать: – перечисленную учебно-методическую и научную литературу, включая основные ссылки в последней; – особенности получения спектроскопических данных с высоким разрешением на телескопах САО РАН; – общеупотребительные методы моделирования звездных атмосфер; – правила использования спектроскопических архивных данных; – основные публикации научного руководителя; Уметь: – применять системы обработки астрономических данных (SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH);

	– использовать графический материал, получаемый в результате обработки данных, при подготовке публикуемых результатов; – осуществлять поиск дополнительной информации (оригинальные исследования, инструкции по использованию наблюдательных данных), в т.ч. и неоцифрованной. Владеть – пакетами обработки спектроскопических данных; – методами статистической обработки данных; – методами моделей атмосфер в приближении ЛТР.
Формы контроля	Текущий контроль – разноуровневые индивидуальные задания. Итоговый контроль – итоговый зачет по дисциплине.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Д. Грей. Наблюдения и анализ звездных атмосфер. «Мир», М., 1980, 496с. 2. К. де Ягер. Звезды наибольшей светимости. «Мир», М., 1984, 493с. 3. С. Потташ. Планетарные туманности. «Мир», М., 1987, 351с. 4. А.Г.Масевич, А.В.Тутуков. Эволюция звезд: теория и наблюдения. «Наука», ФМ, М., 1988, 280с. 5. И.М. Копылов. Избранные труды. Изд. САО РАН, Нижний Архыз, 2002, 381с. 6. В.Г. Ключкова, В.Е.Панчук, «От звезды к планетарной туманности». Природа. 2002. No.3. с.28-37. 7. Н.А.Сахибуллин. Методы моделирования в астрофизике. II. Определение фундаментальных параметров звезд. «Фэн», Казань, 2003, 388с. 8. В.Г.Ключкова. 6-м телескоп в поиске проявления эволюции звезд вблизи AGB. В сб. «САО РАН 40 лет». Нижний Архыз, 2006, с.107-148. 9. В.Г.Ключкова. «Ярче ста тысяч солнц». Природа. 2009. No.11. с.12-19. 10. Г.А.Шайн. Избранные труды. «Наукова думка», Киев, 2012. 629с. 11. В.Г.Ключкова. Исследование физики и эволюции звезд на 6-м телескопе БТА. Астрофизический бюллетень. 2012. т.67. No.4. с.399–428. 12. V.G. Klochkova. Circumstellar envelope manifestations in the optical spectra of evolved stars. Astrophysical Bulletin, 2014. Vol. 69, Iss. 3, pp.279-295. 13. V.G. Klochkova, V.E. Panchuk, M.V. Yushkin. Results of Selected Stellar Spectroscopy Programs at the 6-m Telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences Performed with the NES Echelle Spectrograph. Astrophysical Bulletin, 2022. Vol. 77, Iss. 1, p.84-93.
Дополнительная литература	13. И.С. Шкловский. Проблемы современной астрофизики. Наука, ФМ, М., 1982, 223с. 14. Н.Г. Бочкарев, Р.Е. Гершберг, М.А. Лившиц. Идеи С.Б. Пикельнера в контексте современной астрофизики. Космосинформ, М., 2014, 137с. 15. Г.Н. Ресселл, Р.С. Дэган, Дж.К. Стюарт. Астрономия. Т.II. Астрофизика, звездная астрономия. ОНТИ-

	НКТП-СССР, М.-Л., 1935, 416с. 16. А.Унзольд. Физика звездных атмосфер. ИЛ, М., 1949. 630с. 17. Звездные атмосферы. Под. ред. Дж. Л. Гринстейна. ИЛ, М., 1963, 706с. 18. В.Е. Панчук, Ю.Ю. Балега, В.Г. Клочкова, М.Е. Сачков. Исследование экзопланет спектроскопическими методами. Успехи физических наук, 2020, т.190, с.605–626. 19. V.G. Klochkova, Yu.V. Sheldakova, V.V. Vlasyuk, A.V. Kudryashov, Improving the Efficiency of High-Resolution Spectroscopy on the 6-m Telescope Using Adaptive Optics Techniques. Astrophysical Bulletin, 2020. Vol. 75, Iss. 4, p.468-481.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– Сеть Астронет: http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents – Астрофизическая информационная система ADS - https://ui.adsabs.harvard.edu/ – База данных по внегалактическим объектам: http://ned.ipac.caltech.edu/ – База данных объектов за пределами Солнечной с-мы SIMBAD http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/ – Звёздный каталог VIZIER - http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR – Цифровой обзор неба DSS - http://archive.eso.org/dss/dss – Слоановский цифровой небесный обзор SDSS: http://www.sdss.org/
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно справочные системы	– Системы обработки астрономических данных SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH;
Материально-техническое обеспечение	– экран; – мультимедийный проектор; – компьютер; – выход в Интернет и интранет CAO РАН в лабораторных корпусах; – сервер общего доступа для обработки и хранения данных; – текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки CAO РАН; – оборудование научно-исследовательских лабораторий CAO РАН

2.2. Практика

2.2. (П) Научно Исследовательская практика

Дисциплина	Научно-исследовательская практика			
№	2.2.			
Трудоемкость, часы (недели)	144 (2/3)			
Объем занятий, часов	Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
	144			
Содержание (номер темы, наименование темы или раздела)	1. Организационно-подготовительный этап: – собеседование, подготовка индивидуального плана работы, составление графика научно-исследовательской практики аспиранта; – ознакомительные лекции и инструктажи. 2. Экспериментальный этап: – посещение и анализ наблюдений; – подготовка программы наблюдений, сбор литературных данных; – выполнение наблюдений на телескопах САО РАН (согласно ИП). 3. Анализ полученных данных: первичная обработка, их анализ и интерпретация. 4. Подготовка и оформление отчета по результатам практики.			
Формы самостоятельной работы	– подготовка к наблюдениям; – конспектирование нормативных документов; – архивация наблюдательных данных; – заполнение журналов наблюдений; – составление отчета.			
Результаты освоения дисциплины	Знать: – методики отбора и подготовки информации, необходимой для проведения астрофизических наблюдений; – методики подготовки и проведения наблюдений на телескопах САО РАН. Уметь: – выполнять самостоятельную подготовку к процессу наблюдений; – выбирать параметры требуемого режима наблюдения, исходя из конкретной астрофизической задачи; – управлять телескопом в режиме удаленного доступа; – выполнять минимальный набор калибровок и проверок до начала наблюдений;			

	– самостоятельно выполнять наблюдения заданного объекта; – самостоятельно осуществлять архивацию наблюдательных данных и заполнение электронных журналов наблюдений; – самостоятельно и в составе научно-исследовательского коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности при выполнении наблюдательного процесса. Владеть – практическими навыками в области подготовки, организации и проведения наблюдательного процесса; – практическими навыками выполнения наблюдений на телескопах Цейсс-1000, 6-м БТА, РАТАН-600 (на одном из перечисленных в соответствии с индивидуальным планом работы).
Формы отчетности	– Индивидуальный план работы. – График научно-исследовательской практики аспиранта. – Выписки из нормативных документов. – План-конспект наблюдения. – Учетные карточка по научно-исследовательской практике аспиранта CAO РАН. – Отчет по практике.
Формы контроля	Итоговый контроль – зачет с оценкой.
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
Основная литература	1. Ковалевский Жан. Современная астрометрия. – Фрязино: Век 2, 2004. – 478 с. – ISBN 5-85099-47-6. 2. Конникова В.К. Практическая радиоастрономия: Учеб. пособие для студ. вуз. По спец. «Астрономия». – М.: Изд-во МГУ, 2011. – 304 с. – ISBN 978-5-211-05938-2. 3. Монтенбрук О. Астрономия на персональном компьютере / Монтенбрук О., Пфлегер Т.- 4-е изд.- Спб. И др.: Питер, 2002. – 320 с.: + 1 CD-ROM. ISBN 5-318-00223-4. 4. Наблюдательная и теоретическая космология 2011: Летняя школа Фонда Дмитрия Зимина «Династия», авг. 2011. – М.: ООО «ЛЕНАНД», 2012. – 448 с. – ISBN 978-5-9710-0545-2. 5. Уилсон Т.Л. Инструменты и методы радиоастрономии / Уилсон Т.Л., Рольфс К., Хюттемистер С.– М. : Физматлит, 2012. – 567 с. – ISBN 978-5-9221-1435-6. 6. Ультрафиолетовая Вселенная II: По материалам Всерос. Конф. «Ультрафиолетовая Вселенная-2008», 19-20 мая 2008 г., Москва / Шустов Б.М. (ред.); РАН. Ин-т астрономии. – М.: Янус-К, 2008. – 344 с. – ISBN 978-5-8037-0433-1. 7. Уокер Г. Астрономические наблюдения. – М.: Мир, 1990. – 351 с.– ISBN 5-03-001393-8. 8. Шутов А.М. Методы оптической астрополариметрии. – Н.Новгород, 2005. – 306 с. – ISBN 5-85219-098-5.
Дополнительная литература	1. Афанасьев В.Л., Амирханян В.Р. Методика поляриметрических наблюдений слабых объектов на 6-м телескопе БТА // Астрофиз. Бюл. - 2012. – Т. 67, № 4. – С.455-469. 2. Афанасьев В.Л., Гажур Э.Б., Желенков С.Р., Моисеев А.В. SCORPIO: редуктор светосилы первичного фокуса

- БТА // Бюлл. Спец.астрофиз. обсерв. – Т. 58. – с.90-117.
3. Афанасьев В.Л., Моисеев А.В. Универсальный редуктор светосилы 6-м телескопа БТА SCORPIO// Письма в Астрономический журнал.- 2005. –Т. 32, № 3. – С. 214-225.
 4. Афанасьев В.Л., Моисеев А.В. Универсальный редуктор светосилы SCORPIO, Руководство пользователя», Нижний Архыз, 2012.
 5. Берлин А.Б., Нижельский Н.А., Цыбулев П.Г., Кратов Д.В., Удовицкий Р.Ю., Карабашев Б.И. Реконструкция трехчастотного криорадиометра «Эридан» // Труды Института прикладной астрономии РАН: [Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии: Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2011), 17-21 окт. 2011 г., Санкт-Петербург]. – 2012. – Вып. 24. – С. 183-186.
 6. Берлин А.Б., Парийский Ю.Н., Нижельский Н.А., Мингалиев М.Г., Цыбулев П.Г., Кратов Д.В., Удовицкий Р.Ю., Смирнов В.В., Пилипенко А.М. Матричная радиометрическая система MAPC-3 для РАТАН-600 // Астрофиз. Бюл. – 2012. – Т.67, № 3. – С.354-366.
 7. Богод В.М., Рябуха В.С., Хайкин В.Б. и др. Результаты поисковых исследований по улучшению кинематических характеристик отражательных элементов радиотелескопа РАТАН 600 // Труды Института прикладной астрономии РАН: [Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии: Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2011), 17-21 окт. 2011 г., Санкт-Петербург]. – 2012. – Вып. 24. – С. 46-56.
 8. Валявин Г.Г., Бычков В.Д., Юшкин М.В. и др. Эшельный спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для БТА. I. Оптическая схема, размещение, система контроля // Астрофиз. Бюл. – 2014. – Т.69, № 2. – С.239-255.
 9. Желенкова О.П., Майорова Е.К., Соболева Н.С., Темирова А.В. Многочастотное исследование радиоисточников средствами Виртуальной обсерватории // Труды Института прикладной астрономии РАН: [Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии: Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2011), 17-21 окт. 2011., Санкт-Петербург]. – 2012. – Вып. 24. – С. 282-288.
 10. Кайсина Е.И., Макаров Д.И., Караченцев И.Д., Кайсин С.С. База наблюдательных данных для изучения Ближней Вселенной // Астрофиз. Бюл. – 2012. – Т.67, № 1. – С.120-128.
 11. Клочкова В.Г., Панчук В.Е., Романенко В.П., Найденов И.Д. Поляриметрия и спектроскопия звезд. Приборы и методы // Бюлл. Спец.астрофиз. обсерв.. – Т. 58. –с.132-144.
 12. Клочкова В.Г., Панчук В.Е., Юшкин М.В. УФ-спектроскопия звезд на БТА // Ультрафиолетовая Вселенная-II: По материалам Всерос. конф., 19-20 мая, 2008, Москва, Россия / Ред. Б.М. Шустов и др. – М., 2008. – С. 46-59.
 13. Кратов Д.В., Берлин А.Б., Нижельский Н.А., Цыбулев П.Г., Удовицкий Р.Ю. Помеховая обстановка на радиотелескопе РАТАН-600 и перспективные методы подавления помех // Труды Института прикладной астрономии РАН: [Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии: Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2011), 17-21 окт. 2011 г., Санкт-Петербург]. – 2012. – Вып. 24. – С. 222-227.
 14. Майорова Е.К. Расчет диаграммы направленности РАТАН-600 с учетом дифракционных эффектов в режиме

	«Южный сектор с плоским отражателем» // Астрофиз. Бюл. – 2011. – Т. 66, № 1. – С.97-117. 15. Максимов А.Ф., Балега Ю.Ю., Дьяченко В.В., Малоголовец Е.В., Растегаев Д.А., Семерников Е.А. Спекл-интерферометр 6-м телескопа САО РАН на основе EMCCD: характеристики и первые результаты // Астрофиз. Бюл. – 2009. – Т. 64, № 3. – С. 308-321. 16. Моисеев А.В., Егоров О.В. Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. II. Дополнительные процедуры // Астрофиз. Бюл. – 2008. – Т. 63, № 2. – С. 193-204. 17. Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Юшкин М.В., Якопов М.В. Спектроскопия звезд в наземном ультрафиолете. I. Техника наблюдений // Астрофиз. Бюл. – 2009. – Т. 64, № 4. – С. 411-420. 18. Панчук В.Е., Чунтонов Г.А., Найденов И.Д. Основной звездный спектрограф БТА. Опыт исследования, реконструкция и эксплуатация // Астрофиз. Бюл. – 2014. – Т.69, № 3. – С. 360-376. 19. Плохотниченко В.Л., Бескин Г.М., де-Бур В.Г., Карпов С.В., Бадьин Д.А., Любецкая З.В., Любецкий А.П., Павлова В.В. Многомодовый панорамный фотоспектрополяриметр высокого временного разрешения // Астрофиз. Бюл. – 2009. – Т. 64, № 3. – С. 322-331. 20. Хайкин В.Б., Радзиховский В.Н., Кузьмин С.Е. Высокоточные радиометры на 22 ГГц и 36 ГГц для непрерывного мониторинга поглощения атмосферы на радиотелескопе РАТАН-600 // Труды Института прикладной астрономии РАН: [Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии: Всерос. радиоастрон. конф. (ВРК-2011), 17-21 окт. 2011., Санкт-Петербург]. – 2012. – Вып. 24. – С. 199-205. 21.
Методическая литература	22. Потанин С.А., Корнилов М.В., Саввин А.Д., Сафонов Б.С., Ибрагимов М.А., Копылов Е.А., Наливкин М.А., Шмагин В.Е., Ху Л.Х., Тао Н.Т. Комплекс для исследования параметров атмосферы на основе датчика Шака-Гартмана // Астрофиз. Бюл. – 2022. – Т. 77, № 2. – с. 241-249. 23. Кулагин Е.С., Русаков О.П., Панчук В.Е., Перфильева С.Н. две модификации интерферометра Фарби-Перо // Астрофиз. Бюл. – 2022. – Т. 77, № 1. – с. 128-135. 24. Клочкова В.Г., Панчук В.Е., Юшкин М.В. Результаты избранных программ спектроскопии звезд на БТА САО РАН с эшелле-спектрографом НЭС // Астрофиз. Бюл. – 2022. Т. 77. № 1. с. 92-103. 25. Моисеев А.В. Сканирующий интерферометр Фабри-Перо на 6-м телескопе САО РАН // Астрофиз. Бюл. – 2021. – Т. 76. № 3. – с. 380-406. 26. Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Емельянов Э.В. Техника спектроскопии звезд на телескопах малых и умеренных диаметров // Астрофиз. Бюл. – 2021. – Т. 76. № 2. – с. 248-272. 27. Афанасьев В.Л., Шабловинская Е.С., Уклеин Р.И., Малыгин Е.А. Стокс-поляриметр для 1-метрового телескопа // Астрофиз. Бюл. – 2021. – Т. 76. № 1. – с. 120-126. 28. Клочкова В.Г., Шелдакова Ю.В., Власюк В.В., Кудряшов А.В. О повышении эффективности спектроскопии высокого разрешения на БТА методами адаптивной оптики // Астрофиз. Бюл. – 2020. – Т. 75. № 4. – с. 528-542. 29. Комаров В.В., Москвитин А.С., Бычков В.Д., Буренков А.Н., Драбек С.В., Шергин В.С., Емельянов Э.В.,

- Комарова В.Н., Романенко В.П., Аитов В.Н. ЦЕЙСС-1000 САО РАН: приборы и методы наблюдений // *Астрофиз. Бюл.* – 2020. – Т. 75. № 4. – с. 547-564.
30. Валявин Г.Г., Мусаев Ф.А., Перков А.В., Аитов В.Н., Бычков В.Д., Драбек С.В., Шергин В.С., Сазоненко Д.А., Кукушкин Д.Е., Галазутдинов Г.А., Емельянов Э.В., Якопов Г.В., Бурлакова Т.Е., Берто Ж.Л., Тавров А.В., Кораблев О.И., Юшкин М.В., Валеев А.Ф., Гадельшин Д.Р., Ким К.М. и др. Оптоволоконный спектрограф высокого спектрального разрешения для БТА: оценка эффективности // *Астрофиз. Бюл.* – 2020. – Т. 75. № 2. – с. 218-225.
 31. Плохотниченко В.Л., Бескин Ж.М., Карпов С.В., Солин А.В., Солин А.А., Терехов А.С., Косолобов С.Н., Шайблер Г.Э., Де-Бур В.Г., Моисеев С.В., Павлова В.В., Моисеев С.С. Фотоприемное устройство на базе 16-электродного координатно-чувствительного детектора высокого временного разрешения // *Астрофиз. Бюл.* – 2020. – Т. 75. № 1. – с. 68-78.
 32. Сотникова Ю.В., Ковалев Ю.А., Эркенев А.К. Метод синхронной калибровки РАТАН-600 с использованием двух его секторов // *Астрофиз. Бюл.* – 2019. – Т. 74. № 4. – с. 535-543.
 33. Удовицкий Р.Ю., Сотникова Ю.В., Мингалиев М.Г., Цыбулев П.Г., Жеканис Г.В., Нижельский Н.А. Автоматизированная система обработки наблюдательных данных на радиотелескопе РАТАН-600 // *Астрофиз. Бюл.* – 2016. – Т. 71. № 4. – с. 532-542.
 34. Кукушкин Д.Е., Сазоненко Д.А., Бахолдин А.В., Юшкин М.В., Бычков В.Д. Спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для 6-м телескопа САО РАН. Поляризационный модуль. // *Астрофиз. Бюл.* – 2016. – Т. 71. № 2. – с. 270-278.
 35. Моисеев А.В. Обработка ПЗС-наблюдений со сканирующим интерферометром Фабри-Перо. III. уточнение шкалы длин волн // *Астрофиз. Бюл.* – 2015. – Т. 70. № 4. – с. 524-531.
 36. Емельянов Э.В. Анализ температурных режимов элементов 6-м телескопа БТА и объема башни // *Астрофиз. Бюл.* – 2015. – Т. 70. № 3. – с. 384-393.
 37. Панчук В.Е., Юшкин М.В., Ключкова В.Г., Якопов Г.В., Верич Ю.Б. Проект спектрографа высокого разрешения для 1-метрового телескопа САО // *Астрофиз. Бюл.* – 2015. – Т. 70. № 2. – с. 237-243.
 38. Афанасьева И.В. Система управления и сбора данных для высокоскоростных широкоформатных ПЗС-систем // *Астрофиз. Бюл.* – 2015. – Т. 70. № 2. – с. 244-250.
 39. Валявин Г.Г., Бычков В.Д., Юшкин М.В., Галазутдинов Г.А., Драбек С.В., Шергин В.С., Саркисян А.Н., Семенко Е.А., Бурлакова Т.Е., Кравченко В.М., Кудрявцев Д.О., Притыченко А.М., Крюков П.Г., Семёнов С.Л., Мусаев Ф.А., Фабрика С.Н. Эшеленный спектрограф высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом для БТА. I. оптическая схема, размещение, система контроля // *Астрофиз. Бюлл.* – 2014. – Т. 69. № 2. – с. 239-255.
 40. Котов С.С. Методическое пособие «Обзор SDSS: работа с фотометрическими и спектроскопическими данными» // Нижний Архыз, 2021 – с.13.
 41. Шабловинская Е.С. Методическое пособие по обучению навыкам поляриметрических наблюдений с прибором

	SCORPIO-2 на телескопе БТА // Нижний Архыз, 2021 – с.15. 42. Граужанина А.О. Методическое пособие по обработке эшелле-спектров с использованием IRAF // Нижний Архыз, 2020 – с.38. 43. Опарин Д.В. Методическое пособие по обучению базовым навыкам наблюдения на 6-м телескопе БТА с прибором SCORPIO-2. // Нижний Архыз, 2019 – с.21.
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	– ОЗСП - основной звездный спектрограф с ПЗС в фокусе Нэсмита-2 https://www.sao.ru/hq/lizm/mss/ru/ – НЭС - эшелле-спектрометр высокого разрешения с ПЗС в фокусе Нэсмита-2 https://www.sao.ru/hq/ssl/NES.html – SCORPIO-1 - многорежимный фокальный редуктор первичного фокуса https://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/scorpio/scorpio.html – SCORPIO-2 - универсальный спектрограф в первичном фокусе https://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/scorpio-2/index_rus.html – МРРР - многоцветный панорамный фотометр-поляриметр с высоким временным разрешением в первичном фокусе https://www.sao.ru/lynx/ru/instruments/mppp/ – спекл – цифровой спекл-интерферометр в первичном фокусе https://www.sao.ru/mavr/method/ – Аппаратура и методы наблюдений радиотелескопа РАТАН-600 https://www.sao.ru/hq/lran/ratan/ratan_r1.html – Руководство наблюдателя на комплексе радиометров континуума https://www.sao.ru/hq/lran/ratan/ratan_manual.html – Адаптер ПФ - адаптер первичного фокуса БТА https://www.sao.ru/hq/lsvfo/adap/
Информационные технологии, программное обеспечение и информационно-справочные системы	– Система обработки изображений и анализа данных MIDAS http://www.eso.org/sci/software/esomidas/ – Система обработки и анализа астрофизических данных IRAF https://iraf-community.github.io/
Материально-техническое обеспечение	В процессе реализации научно-исследовательской практики будут использоваться комнаты наблюдателей, комната для наблюдений в режиме удаленного доступа, лабораторно-приборная база выпускающего подразделения, вычислительные комплексы САО РАН, телескопы.

Рассмотрено и одобрено на заседании Ученого совета протокол № 445 от «06» мая 2026 г.