

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(САО РАН)

ПРИНЯТО

решением Ученого совета

САО РАН № 322

от «16» сентября 2014 г.



Ю.Ю. Балегга

2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по специальной дисциплине

НАИМЕНОВАНИЕ: «СПЕКТРОСКОПИЯ ЗВЕЗД И ЗВЕЗДНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ»

Направление
подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность
(профиль) подготовки

**01.03.02 АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ
АСТРОНОМИЯ**

Присваиваемая
квалификация:

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬ.
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ**

Объем занятий: Итого	72 ч.	2 з.е.
Из них:		
Лекций	22 ч.	
Лабораторных работ		
Практических занятий	16 ч.	
Самостоятельной работы	34 ч.	

п. Нижний Архыз
2014

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (Уровень высшего образования, Подготовка кадров высшей квалификации, Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. N 867, программы-минимум кандидатского экзамена, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 08 октября 2007г. № 274 и дополнительной программы кандидатского экзамена, принятой на заседании Ученого совета и утвержденной директором САО РАН.

Автор: д.ф.-м.н., зав. Лабораторией астроспектроскопии, проф. по специальности В.Г. Ключкова.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Отдельным вопросом спектроскопических проявлений эволюции звезд посвящены тысячи разрозненных публикаций и несколько монографий, материал последних в основном устарел. В последние 20 лет практически не выполняются переводы англоязычной учебной литературы по данному направлению (да и трудно выделить соответствующую зарубежную монографию). В отечественных университетах отсутствует учебно-научная база, позволяющая проводить первичную подготовку специалистов по исследованию звездной эволюции методами спектроскопии высокого разрешения. Поэтому при подготовке специалистов высшей квалификации используем оригинальные научные работы, выполненные автором в лаборатории астроспектроскопии САО. Практически весь используемый спектральный материал получен на БТА. Под руководством автора защищено несколько кандидатских диссертаций в этом направлении. При разработке курса использованы также методические материалы, подготовленные автором по программам базовой кафедры оптики и спектроскопии Ставропольского государственного университета при САО РАН (2005-2011 гг.).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Спектроскопия звезд и звездная эволюция» - Б1.В.ОД.3 относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 «Дисциплины».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Спектроскопия звезд и звездная эволюция», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета и дисциплина базовой части Б1.Б.2 «Иностранный язык».

Дисциплина «Спектроскопия звезд и звездная эволюция» логически, содержательно и методически связана с последующими блоками учебного плана – дисциплинами по выбору аспиранта вариативной части Б1.В.ДВ.3 «Лабораторная и астрономическая спектроскопия с высоким и средним разрешением», Б1.В.ДВ.7 «Исследования звездного магнетизма», Б1.В.ДВ.12 «Орбитальные и стратосферные астрономические спектрографы», Б1.В.ДВ.13 «История астрономической спектроскопии», Б1.В.ДВ.14 «Интерферометрические методы в спектроскопии звезд», блоками 2 «Практики», 3 «Научно-исследовательская работа», 4 «Государственная итоговая аттестация» - Б2.2, Б3.1, Б4.Г.1, Б4.Д.1.

3. КОМПЕТЕНЦИИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 НАИМЕНОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индекс	Расшифровка
УК-3	-готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;
УК-4	-готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках;
УК-5	-способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;
	-способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую

ОПК-1	деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
ПК-1	-способность свободно владеть разделами астрофизики, необходимыми для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований;
ПК-2	-способность обеспечивать наблюдения на современных телескопах по научным программам отечественных и зарубежных исследователей;
ПК-3	-способность использовать знания современных проблем и новейших достижений астрофизики в своей научно-исследовательской деятельности;
ПК-4	-способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области астрофизики и решать их с применением новой аппаратуры, оборудования, информационно-коммуникационных и цифровых технологий с учетом новейшего отечественного и зарубежного опыта;

3.2 СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОМПЕТЕНЦИЙ

Аспирант должен знать:

- перечисленную учебно-методическую и научную литературу, включая основные ссылки в последней (УК-4, ПК-1, ПК-3);
- особенности получения спектроскопических данных с высоким разрешением на телескопах САО РАН (ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3);
- общеупотребительные методы моделирования звездных атмосфер (ОПК-1, ПК-2, ПК-4);
- правила использования спектроскопических архивных данных (УК-4, ОПК-1, ПК-1, ПК-4);
- основные публикации научного руководителя (УК-5, ПК-3).

Аспирант должен уметь:

- применять системы обработки астрономических данных (SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH) (УК-3, УК-4, ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-4);
- использовать графический материал, получаемый в результате обработки данных, при подготовке публикуемых результатов (УК-4, ОПК-1);
- осуществлять поиск дополнительной информации (оригинальные исследования, инструкции по использованию наблюдательных данных), в т.ч. и неоцифрованной (УК-4, ОПК-1, ПК-4).

Аспирант должен владеть:

- пакетами обработки спектроскопических данных (ОПК-1, ПК-1, ПК-2);
- методами статистической обработки данных (ОПК-1, ПК-1);
- методами моделей атмосфер в приближении ЛТР (ОПК-1, ПК-1).

3.3 ПЛАНИРУЕМЫЕ УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Уровни сформированности	Индикаторы	Дескрипторы	
		«зачтено»	«не зачтено»
	<i>Знает:</i>	<i>Знает:</i>	<i>Знает:</i>

Базовый	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - перечисленную учебно-методическую и научную литературу; - общеупотребительные методы моделирования звездных атмосфер; - правила использования спектроскопических архивных данных.
	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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, инструкции по использованию наблюдательных данных), в т.ч. и неоцифрованной. 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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, инструкции по использованию наблюдательных данных), в т.ч. и неоцифрованной. 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать системы обработки астрономических данных (MIDAS, DECH); - использовать графический материал, получаемый в результате обработки данных, при подготовке публикуемых результатов.
	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пакетами обработки спектроскопических данных; - методами статистической обработки данных; - методами моделей атмосфер в приближении 	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пакетами обработки спектроскопических данных; - методами статистической обработки данных; - методами моделей атмосфер в приближении 	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами статистической обработки данных.

	ЛТР.	ЛТР.	
--	------	------	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы 72 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успевае- мости
		Лек- ции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Само- стоят. работа	
1.	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.	2			4	
2.	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	2			4	
3.	Звездообразование в Галактике. Звездные скопления, ассоциации. Образование гигантских молекулярных облаков. Иерархическое звездообразование.	2			4	
4.	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.	2			4	
5.	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.	2			4	
6.	Модели атмосфер и основные физические соотношения. Методы определения эффективной температуры. Методы определения ускорения силы тяжести $\log g$.	4			4	
7.	Методы определения металличности.	4			4	

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
	Методы определения содержания химических элементов. Методы определения скоростей осевого вращения звезд. Методы определения турбулентной скорости.					
8.	Методы определения масс звезд. Методы определения радиусов звезд. Методы определения светимости звезд. Методы определения возраста звезд.	4			6	
9.	Отождествление деталей в спектрах звезд разных типов. Измерение параметров отдельных спектральных линий (глубины, полуширины, эквивалентные ширины, доплеровские смещения, параметры асимметрии).		4			текущий зачет
10.	Работа с критериями спектральной классификации.		2			текущий зачет
11.	Исследование сложных (абсорбционно-эмиссионных) профилей линий.		2			текущий зачет
12.	Определение фундаментальных параметров звездных атмосфер по совокупности измеренных спектральных линий.		4			текущий зачет
13.	Определение содержания химических элементов по совокупности измеренных спектральных линий.		4			текущий зачет, итоговый зачет
Баланс времени:		22 ч	16 ч		34 ч	72 ч

5. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

6. НАИМЕНОВАНИЕ И ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
	Тема 9. Отождествление деталей в спектрах звезд	4	

1.	разных типов. Измерение параметров отдельных спектральных линий (глубины, полуширины, эквивалентные ширины, доплеровские смещения, параметры асимметрии).		разноуровневые индивидуальные задания
2.	Тема 10. Работа с критериями спектральной классификации.	2	разноуровневые индивидуальные задания
3.	Тема 11. Исследование сложных (абсорбционно-эмиссионных) профилей линий.	2	разноуровневые индивидуальные задания
4.	Тема 12. Определение фундаментальных параметров звездных атмосфер по совокупности измеренных спектральных линий.	4	разноуровневые индивидуальные задания
5.	Тема 13. Определение содержания химических элементов по совокупности измеренных спектральных линий.	4	разноуровневые индивидуальные задания, итоговый зачет
Баланс времени:		16 ч	

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АСПИРАНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, лабораторных и практических занятий и самостоятельной работы. Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации, представленным в п.9 рабочей программы.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на лабораторных занятиях (текущий зачет). Промежуточный контроль – опрос по предыдущим темам на лекциях.

Итоговым контролем является итоговый зачет по дисциплине.

Итоговый зачет проводится на завершающем лабораторном занятии.

8.2 ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющий оценить уровень сформированности компетенций, представлен следующими компонентами:

Код оцениваемой компетенции	Этап формирования компетенции (№ темы)	Тип контроля	Вид контроля	Компонент фонда оценочных средств	Кол-во эл-тов, шт.
УК-1 УК-3 УК-4 УК-5 ОПК-1	Темы 9-13	текущий	электронный	практическая работа	5
ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	Темы 1-8	итоговый зачет	устный	вопросы к зачету	8

8.3 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

При сдаче итогового зачета по дисциплине отметка «зачет» выставляется, если аспирант демонстрирует знание основного материала, излагает его, применяет теоретические положения при решении практических задач.

Отметка «не зачет» выставляется в случае, если аспирант не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в изложении основного материала, не может увязывать теорию с практикой.

8.4 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИТОГОВОГО ЗАЧЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. 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.
2. 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.
3. Звездообразование в Галактике. Звездные скопления, ассоциации. Образование гигантских молекулярных облаков. Иерархическое звездообразование.
4. 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.
5. 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.
6. Модели атмосфер и основные физические соотношения. Методы определения эффективной температуры. Методы определения ускорения силы тяжести $\log g$.
7. Методы определения металличности. Методы определения содержания химических элементов. Методы определения скоростей осевого вращения звезд. Методы определения

турбулентной скорости.

8. Методы определения масс звезд. Методы определения радиусов звезд. Методы определения светимости звезд. Методы определения возраста звезд.

8.5 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Текущий и итоговый контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить лабораторные и практические работы по дисциплине (текущие зачеты). При наличии задолженностей по лабораторным и практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

9.1.1 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.

9.1.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И.С.Шкловский. Проблемы современной астрофизики. Наука, ФМ, М., 1982, 223с.
2. Н.Г.Бочкарев, Р.Е.Гершберг, М.А.Лившиц. Идеи С.Б.Пикельнера в контексте современной астрофизики. Космосинформ, М., 2014, 137с.

9.1.3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Н.Ресселл, Р.С.Дэган, Дж.К.Стюарт. Астрономия. Т.П. Астрофизика, звездная астрономия. ОНТИ-НКТП-СССР, М.-Л., 1935, 416с.
2. А.Унзольд. Физика звездных атмосфер. ИЛ, М., 1949. 630с.
3. Звездные атмосферы. Под. Ред. Дж.Л.Гринстейна. ИЛ, М., 1963, 706с.

9.2 ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Сеть Астронет: <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/index.html#Contents>
2. База данных по внегалактическим объектам: <http://ned.ipac.caltech.edu/>
3. Астрофизическая информационная система ADS - <http://adswww.harvard.edu/>
4. База данных объектов за пределами Солн. с-мы SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
5. Звёздный каталог VIZIER - <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
6. Цифровой обзор неба DSS - <http://archive.eso.org/dss/dss>
7. Слоановский цифровой небесный обзор SDSS - <http://www.sdss.org/>

9.3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Системы обработки астрономических данных SIMBAD, MIDAS, IRAF, DECH.

9.4 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- 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.