

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 № 404

от «20» июня 2022 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор САО РАН,

\_\_\_\_\_ / Г.Г. Валявин /

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВЕЗДНОГО МАГНЕТИЗМА»

Научная специальность 1.3.1. ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

Объем занятий: Итого 36 ч. 2/3нед.

Из них:

Лекций 16 ч.

Практических занятий 8 ч.

Самостоятельной работы 12 ч.

п. Нижний Архыз 2022

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951, утвержденной Программой кандидатского экзамена по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, принятой на заседании Ученого совета САО РАН.

Автор: доктор физ.-мат. наук, заведующий лабораторией исследований звездного магнетизма И. И. Романюк.

## 1. Общие положения

Исследование звездного магнетизма – фундаментальное направление современной наблюдательной астрофизики. Магнитное поле накладывает ограничения на движение плазмы, что способствует возникновению различного рода вспышек, взрывов и других нестационарных явлений в атмосферах звезд. Магнитное поле звезд изучается по спектрам на основании анализа расщепления линий вследствие проявления эффекта Зеемана по поляризованным спектрам. Для получения указанных спектров используются специальные приборы: анализаторы циркулярной поляризации. В САО РАН 6-м телескоп БТА оборудован таким прибором, который позволяет проводить наблюдения широкого круга объектов для поиска и изучения их магнитного поля. Проявления эффект Зеемана очень слабые и наблюдения необходимо проводить с максимально возможным высоким спектральным разрешением и отношением Сигнал/Шум.

В процессе изучения курса аспирант освоит основы эффекта Зеемана и его проявления в звездных спектрах, научится наблюдать и проводит первичную обработку спектров. Далее он должен освоить современные компьютерные программы по анализу химического состава звезд, использовать в своей работе астрономические базы данных (VALD, SIMBAD, VizieR и др.). Для анализа распределения химических пятен по поверхности звезд и построения картины магнитного поля необходимо овладеть очень сложными методами Допплер-Зеемановского картирования звезд.

Дисциплина «Исследования звездного магнетизма» – 2.1.7. (Ф) относится к факультативным дисциплинам образовательного компонента.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Исследования звездного магнетизма», являются базовые дисциплины бакалавриата, магистратуры и специалитета, и элективные дисциплины – 2.1.2. «Иностранный язык», 2.1.5. «Спектроскопия звезд и звездная эволюция», 2.1.6. «Компьютерная обработка результатов измерений», 2.1.7. «Астрономические светоприемники».

Дисциплина «Исследования звездного магнетизма» логически, содержательно и методически связана с последующими компонентами программы аспирантуры – 1.1. «Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации на соискание научной степени кандидата наук к защите», 1.2. «Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных», 2.2. «Практика», 3. «Итоговая аттестация».

## 2. Планируемые результаты освоения дисциплины, соотнесённые с планируемыми результатами освоения программы

№ п/п	Результаты освоения дисциплины	Результаты освоения программы
<b>Аспирант должен знать:</b>		
1.	современные методы и технологии	РД-1, РД-2, РД-4

	получения наблюдательных данных по изучению звездного магнетизма;	
2.	современные методы анализа звездных спектров с использованием астрономических баз данных и мощных программ обработки данных;	РД-1, РД-2, РД-4
3.	способы определений магнитных полей звезд, построения карт распределения магнитных полей по поверхности звезд.	РД-1, РД-2, РД-4
<b>Аспирант должен уметь:</b>		
4.	использовать методики наблюдений звездных магнитных полей и обработки данных;	РД-2, РД-4
5.	использовать международные базы астрономических данных VALD, SIMBAD, VizieR и другие;	РД-2, РД-4
6.	определять температуры, скорости вращения, светимости и другие физические параметры наблюдаемых объектов, их химический состав и магнитные поля.	РД-1, РД-2, РД-4
<b>Аспирант должен владеть:</b>		
7.	навыками в проведении наблюдений на телескопах САО РАН;	РД-2, РД-4
8.	методиками анализа звездных спектров;	РД-1, РД-2, РД-4
9.	основными методами определения физических параметров и химического состава звезд;	РД-1, РД-2, РД-4
10.	способами качественной и количественной оценки точности результатов.	РД-1, РД-2, РД-4

### 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2/3 недели (36 часов).

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
		Лек.	Практ. зан-я	Сам. раб.	
1.	Эффект Зеемана в звездных спектрах	4			
2.	Приборы и методы для измерений магнитных полей звезд	4		2	
3.	Анализ спектров магнитных звезд	4		4	
4.	Методы моделирования магнитных полей	4			
5.	Наблюдения на телескопах САО		4	2	текущий

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы контроля успеваемости
					контроль
6.	Работа с базами астрономических данных			2	
7.	Обработка звездных спектров		4	2	текущий контроль итоговый зачет
<b>Итого:</b>		<b>16 ч</b>	<b>8 ч</b>	<b>12 ч</b>	<b>36 ч</b>

#### 4. Наименование и содержание практических занятий

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма проведения
1.	Тема 5. Наблюдения на телескопах САО.	4	разноуровневые индивидуальные задания
2.	Тема 6. Обработка звездных спектров.	4	разноуровневые индивидуальные задания итоговый зачет
<b>Итого:</b>		<b>8 ч</b>	

#### 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация

##### 5.1. Форма проведения текущего контроля успеваемости

Текущий контроль осуществляется по результатам работы на практических занятиях. Промежуточный контроль – быстрый опрос на лекциях.

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

Итоговый зачет проводится в рамках промежуточной аттестации.

Перед итоговым зачетом по дисциплине аспиранту необходимо полностью выполнить практические работы по дисциплине. При наличии задолженностей по практическим работам аспирант к итоговому зачету не допускается.

##### 5.2. Форма проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме итогового зачета по дисциплине. Итоговый зачет по дисциплине предусмотрен в устной форме.

Оценивание знаний обучающегося происходит по результатам устного ответа на один вопрос из перечня. На подготовку к ответу отводится 30 минут. При подготовке к ответу аспиранту предоставляется право пользования программой дисциплины.

Итоговый контроль работы аспирантов проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине.

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

### 5.3. Вопросы к зачету

1. Что такое эффект Зеемана и как он проявляется в звездных спектрах?
2. Опишите прибор для измерений магнитного поля на 6-м телескопе БТА?
3. Что такое астрономические базы данных. Опишите методику работы с базами данных VALD, SIMBAD и VizieR?
4. Какие существуют методы определения и моделирования магнитного поля звезд?
5. Опишите основные этапы обработки циркулярно-поляризованного материала при помощи системы MIDAS?
6. Дать определение химически-пекулярным (CP-) звездам, описать их классификацию и историю открытия.
7. Какие существуют методы измерения химического состава CP-звезд и в чем заключается особенность содержания химических элементов?
8. Какие существуют теории образования магнитного поля звезд, привести описание каждой из них, указать минусы и плюсы.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 6.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины

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. Фортов 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](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.

#### 6.2. Перечень дополнительной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины

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, Астрофиз. Бюллетень, т. 58, 64-89
4. Романюк И.И. «Магнитные звезды главной последовательности. 2. Физические параметры и химический состав атмосфер», 2007, Астрофиз. Бюллетень, т.62, 72-101
5. Романюк И.И. «Магнитные звезды главной последовательности. 3. Результаты измерений магнитных полей», 2010, т. 65, Астрофиз. 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>

### **6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

- 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/>

### **7. Перечень информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, профессиональных баз данных**

- Компьютерные программы по обработке астрономических данных MIDAS, IRAF; для анализа химического состава BINMAG; для измерения магнитного поля ZEEMAN, REGRES\_PURE.

### **8. 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.

### **9. Особенности освоения дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких аспирантов.

Адаптированная рабочая программа входит в структуру адаптированной программы аспирантуры, которая разрабатывается под потребности конкретного обучающегося по его личному заявлению или решению комиссии по определению вида инклюзии и условий обучения сразу после зачисления такого аспиранта на 1 курс.

Порядок разработки адаптированной рабочей программы определяется локальным нормативным актом.