

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Методы моделирования в астрофизике Б1.В.ОД.19

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Сахибуллин Н.А.

**Рецензент(ы):**

Шиманский В.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6203619

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Сахибуллин Н.А.  
Кафедра астрономии и космической геодезии Отделение астрофизики и космической геодезии , Nail.Sakhbullin@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения студентами дисциплины (модуля) Методы моделирования в астрофизике являются:

- получение основных сведений о методах определения таких фундаментальных параметров звезд, как температуры, массы и радиусы;
- изучение имеющихся зависимостей между фундаментальными параметрами звезд;
- на основе полученных теоретических знаний освоение некоторых методов определения параметров звезд (массы, радиусы, спектральные классы и температуры) и необходимых вспомогательных данных (экстинкция земной атмосферы)
- изучение переменных звезд как источника ряда специфических случаев для получения отдельных характеристик звезд (особые случаи в двойных системах, пульсационные радиусы и массы для цефеид и т.п.)

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.19 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 Астрономия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 6 курсе, 11 семестр.

Курс 'Методы моделирования в астрофизике' относится разделу Б1, базируется на изучении приборов и методов регистрации электромагнитного излучения в астрономии, является дополнением к курсам 'Физика звезд', 'Галактическая астрономия' и 'Теоретическая астрофизика'.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	-способность ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях и применять их в научных исследованиях
ПК-1 (профессиональные компетенции)	-владение методами астрономического, физического и математического исследования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин
ПК-11 (профессиональные компетенции)	-владение навыками к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах
ПК-2 (профессиональные компетенции)	-владение методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук
ПК-4 (профессиональные компетенции)	-владение наблюдательными и экспериментальными методами исследований астрономических и физических объектов и явлений

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- изучить методы моделирования при построении моделей звездных атмосфер;
- ознакомиться с современными сетками моделей атмосфер, широко используемыми при интерпретации звездных спектров;
- изучить методы определения параметров звезд.

2. должен уметь:

Определять основные параметры звезды при наличии спектров разного разрешения:

- эффективную температуру звезды по непрерывному спектру
- ускорение силы тяжести (по водородным линиям)
- химическое содержание элементов (по профилям линий или по эквивалентным ширинам)

3. должен владеть:

методами конструирования моделей атмосфер и методами их использования для определения основных параметров звезд

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 11 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Определение эффективной температуры звезды по непрерывному спектру	11		3	4	0	
2.	Тема 2. Определение ускорения силы тяжести (по крыльям линий водорода)	11		3	6	0	
3.	Тема 3. Определение содержания элемента по кривым роста	11		5	6	0	
4.	Тема 4. Определение содержания химических элементов по профилям линий	11		3	6	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
.	Тема . Итоговая форма контроля	11		0	0	0	Зачет
	Итого			14	22	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Определение эффективной температуры звезды по непрерывному спектру

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Дается описание основных методов определения температуры по непрерывному спектру: - по интегральному спектру определить эффективную температуру - по показателям цветов определить цветовую температуру - по потокам в длине волны определить яркостную температуру

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Основные методы определения температуры по непрерывному спектру: - по интегральному спектру определить эффективную температуру - по показателям цветов определить цветовую температуру - по потокам в длине волны определить яркостную температуру апробируются на конкретном наблюдательном материале.

### Тема 2. Определение ускорения силы тяжести (по крыльям линий водорода)

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Дается теоретическое описание Штарк эффекта в уширении линий. Выводится формула Инглиса Теллера.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Для представленного наблюдательного материала определяются: - нормализованные профили линий водорода - используются теоретические профили водорода (Куруц) - путем сравнения определяется электронная концентрация и в итоге - ускорение силы тяжести звезды

### Тема 3. Определение содержания элемента по кривым роста

#### **лекционное занятие (5 часа(ов)):**

Определяется эквивалентная ширина избранных линий какого либо химического элемента.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

По справочникам находят необходимые атомарные данные. На основе теоретической кривой роста определяется содержание элемента. Для примера даются результаты определения содержания натрия на Солнце.

### Тема 4. Определение содержания химических элементов по профилям линий

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Дается описание моделей атмосфер Куруца. Описывается методика расчетов профилей линий с использованием моделей атмосфер.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

На конкретном примере проводится процедура определения содержания конкретного химического элемента.

## 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Определение эффективной температуры звезды по непрерывному спектру	11		выполнение практического задания	9	проверка практических навыков
2.	Тема 2. Определение ускорения силы тяжести (по крыльям линий водорода)	11		выполнение практического задания	9	проверка практических навыков
3.	Тема 3. Определение содержания элемента по кривым роста	11		подготовка к письменной работе	9	письменная работа
4.	Тема 4. Определение содержания химических элементов по профилям линий	11		выполнение практического задания	9	проверка практических навыков
	Итого				36	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Основная образовательная технология - лекционная подача материала.

Лекционный материал подается в форме видеоматериала с последующими комментариями; проведение интерактивных занятий: лекция-визуализация, проблемная лекция.

Практические занятия.

Самостоятельная работа студентов подразумевает занятия под руководством преподавателя в виде консультаций и индивидуальной работы студента.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

**Тема 1. Определение эффективной температуры звезды по непрерывному спектру**  
проверка практических навыков, примерные вопросы:

Использование законов излучения абсолютно черного тела для определения температур: яркостная, цветовая, эффективная и др. Отличие наблюдаемого распределения энергии звезд от излучения абсолютно черного тела. Определение континуума для наблюдаемого излучения звезд. Методы определения температур: по скачку Бальмера, По линиям и ионизационному балансу, фотометрические, методы Занстра и Амбарцумяна и др. Определение интегрального потока: случаи холодных и горячих звезд. Метод Шаллиса-Блэкуэлла определения эффективных температур и радиусов звезд. Практическая работа: Применение метода к представленным студентам данным.

## **Тема 2. Определение ускорения силы тяжести (по крыльям линий водорода)**

проверка практических навыков, примерные вопросы:

Методы определения  $\log g$ : по ионизационному балансу, по сильным линиям, по линиям водорода, по слиянию бальмеровских линий, по бальмеровскому скачку, по тригонометрическому параллаксу, по эквивалентным ширинам линий водорода и др. Метода Блэкуэлла-Уиллиса. Практическая работа: определение силы тяжести для звезды Арктур по данным, предоставленным студентам

## **Тема 3. Определение содержания элемента по кривым роста**

письменная работа, примерные вопросы:

Вывод основных формул метода кривых роста. Наблюденная и теоретические кривые роста. Метод кривых роста - простой подход. Дифференциальный подход. Усовершенствованный вариант. Метод синтетического спектра. Письменная работа: определение химического содержания звезды Арктур по сильным линиям

## **Тема 4. Определение содержания химических элементов по профилям линий**

проверка практических навыков, примерные вопросы:

Чувствительность линий разных степеней ионизации у основным параметрам звезд. Учет механизмом уширения линий: основные формулы. Расчет теоретического профиля линии с использованием модели атмосферы. Практическая работа: определение химического содержания звезды Арктур синтетическим методом.

## **Итоговая форма контроля**

зачет (в 11 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Классификация температур по методу их определения.
2. Определение интегрального по частоте потока излучения для холодных звезд.
3. Определение интегрального по частоте потока излучения для горячих звезд.
4. Метод Блэкуэлла-Шаллиса определения эффективных температур
5. Методы определения  $\log g$ .
6. Метод Блэкуэлла-Уиллиса определения  $\log g$ .
7. Сравнение величин  $\log g$ , полученных динамическим и спектроскопическим методами.
8. Метод кривых роста (простой вариант).
9. Метод кривых роста (усовершенствованный вариант)
10. Теоретическая кривая роста (для Солнца)
11. Построение наблюдаемой кривой роста. Использование мультиплетов.
12. Вывод основных формул метода кривых роста.
13. Итоги определения химического содержания звезд.

## **7.1. Основная литература:**



1. Бескин, В.С. Гравитация и астрофизика [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Бескин. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2009. - 158 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2114>
2. Засов, А. В. Общая астрофизика: учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов. - Фрязино: Век 2, 2006. - 496 с.: ил.
3. Засов, А.В. Астрономия [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Засов, Э.В. Кононович. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2011. - 256 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2370>
4. Сурдин, В.Г. Звезды [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Г. Сурдин. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2009. - 428 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2332>

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. 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>
2. 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)
3. Сахибуллин Н.А. Теоретическая астрофизика. Звездные атмосферы. Часть 3. Учебное пособие. / Н.А. Сахибуллин, И.Ф. Бикмаев // Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета. - Казань. - 2015. - 45 с. - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F932600094/Sakhibullin.N.A..Teoreticheskaya.astrofizika.ch.3..pdf>
4. Гусейханов, М.К. Основы астрофизики [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.К. Гусейханов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 208 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/114694>
5. Аболмасов, П.К. Аккреционные процессы в астрофизике. [Электронный ресурс] / П.К. Аболмасов, В.В. Журавлев, А.Ю. Кочеткова, Г.В. Липунова. - Электрон. дан. - М.: Физматлит, 2016. - 416 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91161>

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

сайт российской Астрономической сети - [www.astronet.ru](http://www.astronet.ru)  
сайт свободной энциклопедии - [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)  
Сайт Федерального космического агентства - <http://www.federspace.ru/1307/>  
сайт электронной библиотеки по физике и астрономии - [adsabs.harvard.edu/](http://adsabs.harvard.edu/)  
Эволюция звезд, электронное пособие - <http://www.astronet.ru/db/msg/1188340>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Методы моделирования в астрофизике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:



Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

-

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации не предусмотрено .

Автор(ы):

Сахибуллин Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шиманский В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.