

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

\_\_\_\_\_ Д.А. Таюрский

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Моделирование и анализ сложных астрофизических объектов

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Шиманский В.В. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), Slava.Shimansky@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	способность ориентироваться в базовых астрономических и физико-математических теориях и применять их в научных исследованиях
ПК-2	владение методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук
ПК-5	способность вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- теорию эволюции одиночных звезд и тесных двойных систем;
- теорию физического строения звезд;
- методы наблюдений звезд и их первичной обработки;
- теорию формирования атмосфер и спектров звезд;
- методы моделирования излучения сложных астрофизических систем;
- методы определения параметров систем из анализа наблюдений

Должен уметь:

- проводить первичную обработку различного наблюдательного материала;
- применять современные методы анализа оптического излучения двойных систем;
- использовать современные комплексы моделирования оптического излучения;
- строить карты распределения излучения в сложных системах;
- определять фундаментальные параметры систем из наблюдений;
- анализировать результаты с точки зрения теории формирования и эволюции звезд.

Должен владеть:

- терминологическим аппаратом в области звезд и сложных астрофизических систем;
- методами моделирования и количественного анализа оптического излучения;
- методами критического обобщения результатов исследований.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.Б.42 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 "Астрономия (Астрофизика и космология)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 5 курсе в 9 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 54 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 9 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Современные подходы в моделировании звездных атмосфер.	9	2	0	0	0
2.	Тема 2. Формирование атмосфер звезд в двойных системах.	9	2	8	0	4
3.	Тема 3. Эволюция звезд больших и умеренных масс.	9	2	6	0	0
4.	Тема 4. Эволюция двойных систем умеренных масс.	9	2	0	0	0
5.	Тема 5. Предкатаклизмические переменные	9	2	10	0	6
6.	Тема 6. Маломассивные катаклизмические переменные	9	2	4	0	8
7.	Тема 7. Новые и карликовые Новые разных типов.	9	2	10	0	6
8.	Тема 8. Поляры и промежуточные поляры.	9	2	8	0	6
9.	Тема 9. Эволюция двойных систем больших масс.	9	2	8	0	6
	Итого		18	54	0	36

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Современные подходы в моделировании звездных атмосфер.

Источники непрозрачности в рентгеновском, ультрафиолетовом и оптическом диапазонах спектра.

Методы температурной коррекции.

Учет эффектов конвекции.

Современные модели атмосфер нормальных звезд.

###### Тема 2. Формирование атмосфер звезд в двойных системах.

Общая задача о формировании облученной атмосферы и ее аналитическое решение. Функции нагрева атмосфер внешним излучением и способы их представления. Функция охлаждения звездного газа. Современные результаты моделирования облучаемых атмосфер. Температурная структура атмосфер с различными типами внешнего облучения.

###### Тема 3. Эволюция звезд больших и умеренных масс.

Особенности жизни на стадиях голубых и красных сверхгигантов, LBV-, WRN- и WRC-звезд. Потеря вещества со звездным ветром и его влияние на эволюцию звезд. Вспышки SNIbc и SNIi с образованием нейтронных звезд и черных дыр. Распределении масс релятивистских объектов. Формирование планетарных туманностей, субкарликов пост-асимптотической и пост-горизонтальной ветви и их последующая эволюция. Современные результаты моделирования эволюционных треков одиночных звезд.

###### Тема 4. Эволюция двойных систем умеренных масс.

Системы с общей оболочкой и происходящие в них процессы.

Механизм потери углового момента.

Формирование планетарных туманностей.

Формы и структура планетарных туманностей вокруг тесных двойных систем.

###### Тема 5. Предкатаклизмические переменные

Современная классификация предкатаклизмических переменных (ПП). Физическое состояние и эволюция компонент ПП. Механизмы потери углового момента и эволюция систем к стадии катаклизмических переменных. Методы анализа наблюдений ПП и определения их параметров. Факторы, учитываемые при моделировании излучения ПП. Исследование химического состава ПП. Характеристики ПП разных типов и их особенности.

## **Тема 6. Маломассивные катаклизмические переменные**

Общие характеристики и современная классификация маломассивных катаклизмических переменных (КП). Условия формирования дисковой аккреции. Теория  $\alpha$ -дисков Шакуры-Сюняева и природа турбулентной вязкости. Современные гидродинамические расчеты структуры аккреционных дисков. Условия формирования колонковой аккреции. Понятие альвеновского радиуса и его влияние на характер аккреции.

## **Тема 7. Новые и карликовые Новые разных типов.**

Природа термоядерных вспышек классических Новых и их влияние на эволюцию катаклизмических переменных. Механизм вспышек карликовых Новых и последующая эволюция их аккреционных дисков. Методы моделирования и анализа излучения и определения параметров КП. Способы измерения лучевых скоростей в системах с точечными и протяженными источниками излучения. Доплеровская томография и особенности ее применения.

## **Тема 8. Поляры и промежуточные поляры.**

Магнитное поле поляр. Типы аккреции в полярных, понятие о синхронизации. Характеристики рентгеновского излучения поляр и его влияния на формирование оптических спектров. Природа циклотронного излучения и способы его моделирования. Методы анализа наблюдений поляр и определения их характеристик.

## **Тема 9. Эволюция двойных систем больших масс.**

Вспышки Сверхновых и образование массивных рентгеновских систем (МРС). Ветровая и дисковая аккреция вещества в массивных системах. Понятие сверхкритической аккреции и условия ее формирования. Рентгеновское излучение МРС и его влияние на оптические спектры. Высокие и низкие состояния, вспышки в МРС и их природа. Способы моделирования кривых блеска и спектров массивных систем, измерения и анализа их лучевых скоростей. Методы и современные результаты определения характеристик МРС.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

всемирная поисковая и информационная база астрофизической и спектроскопической литературы - [adsabs.harvard.edu](http://adsabs.harvard.edu)

европейская поисковая и информационная база астрофизических и астрономических данных - [cdsweb.u-strasbg.fr](http://cdsweb.u-strasbg.fr)  
сайт правительства РФ - [government.ru](http://government.ru)

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Для освоения дисциплины читаются лекции, проводятся лабораторные занятия. Учащимся рекомендуется самостоятельно вести конспекты лекций, где стоит особое внимание уделить собственным вопросам, возникающим во время слушания лекций. Если эти вопросы останутся после самостоятельной проработки лекционного материала с использованием рекомендованной литературы, то их следует задать преподавателю на следующей лекции.
практические занятия	Практические занятия представляют собой решение задач и тематически сопровождают лекции. Важно приходить на практические занятия с собственным набором конкретных вопросов для преподавателя. При этом ему легче определить проблемы каждого студента и дать более четкие рекомендации. Используется справочная литература, которая выдается обучающимся на кафедре.
самостоятельная работа	После каждой лекции обучающемуся следует внимательно прочитать и разобрать конспект лекций, понять и запомнить все новые определения, воспроизвести математические выводы формул самостоятельно. При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих сокурсников или обратиться за помощью к лектору. Материал для самостоятельного изучения следует осваивать по доступным письменным и электронным источникам с учетом рекомендаций преподавателя. При самостоятельном решении задач следует четко следовать рекомендованным преподавателем алгоритмам решения.
экзамен	Курс "Моделирование и анализ сложных астрофизических объектов" завершается экзаменом. Вопросы, включенные в экзаменационные билеты, охватывают все темы и предоставляются студентам заранее. Подготовку к экзамену облегчают регулярные посещения лекционных и лабораторных занятий и, главное, систематическая, углубленная самостоятельная работа.

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации "Астрофизика и космология".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.Б.42 Моделирование и анализ сложных астрофизических  
объектов

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

**Основная литература:**

1. Мурзин В.С., Астрофизика космических лучей : учебное пособие для вузов / В.С. Мурзин - М. : Логос, 2017. - 488 с. - ISBN 978-5-98704-171-6 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987041716.html> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа : по подписке.
2. Сахибуллин Н.А. Теоретическая астрофизика. Звездные атмосферы. Часть 1: учебное пособие / Н.А. Сахибуллин, И.Ф. Бикмаев; Казанский федеральный университет, Институт физики. - Казань: КФУ, 2015. - 116 с. Текст электронный. - URL : <https://kpfu.ru/portal/docs/F2146538929/Sakhibullin.N.A..Teoreticheskaya.astrofizika.ch.1..pdf> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: открытый.
3. Сахибуллин Н.А. Теоретическая астрофизика. Звездные атмосферы. Часть 2: учебное пособие / Н.А. Сахибуллин, И.Ф. Бикмаев; Казанский федеральный университет, Институт физики. - Казань: КФУ, 2015. - 112 с. Текст электронный . - 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) (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: открытый.
4. Сахибуллин Н.А. Теоретическая астрофизика. Звездные атмосферы. Часть 3: учебное пособие. / Н.А. Сахибуллин, И.Ф. Бикмаев; Казанский федеральный университет, Институт физики. - Казань: КФУ. - 2015. - 45 с. Текст электронный. - URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F932600094/Sakhibullin.N.A..Teoreticheskaya.astrofizika.ch.3..pdf> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: открытый.

**Дополнительная литература:**

1. Сурдин, В. Г. Звезды : учебное пособие / В. Г. Сурдин. - 2-е изд., испр.и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 428 с. - ISBN 978-5-9221-1116-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2332> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Черепашук, А. М. Тесные двойные звезды : монография : в 2 частях / А. М. Черепашук. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Часть I - 2013. - 560 с. - ISBN 978-5-9221-1416-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59647> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Черепашук, А. М. Тесные двойные звезды : монография : в 2 частях / А. М. Черепашук. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Часть II - 2016. - 572 с. - ISBN 978-5-9221-1467-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91138> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.



Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.Б.42 Моделирование и анализ сложных астрофизических  
объектов

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows