

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

Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

## Программа дисциплины

### Теоретическая астрофизика

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: 2025

## **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): профессор-консультант Сахибуллин Н.А. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), Nail.Sakhibullin@kpfu.ru ; старший преподаватель, к.н. Склянов А.С. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), Aleksandr.Sklyanov@kpfu.ru ; доцент, к.н. Шиманская Н.Н. (Кафедра астрономии и космической геодезии, Отделение астрофизики и космической геодезии), Nelli.Shimanskaya@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-3	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ПК-1	Владение методами астрономического, физического и математического исследования при анализе глобальных проблем на основе глобальных знаний фундаментальных физико-математических дисциплин

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- теорию образования непрерывного и линейчатого спектра звезд;
- методы определения физических условий на поверхности звезд.
- теории строения звездных атмосфер
- физические процессы и явления в разреженных средах
- теорию формирования излучения оптически тонкого газа
- методы определения параметров межзвездной среды из наблюдений

Должен уметь:

- решать уравнение переноса при различных условиях
- определять параметры астрофизических объектов из анализа наблюдений
- корректно применять данные астрофизических исследований в смежных физических и астрономических дисциплинах
- использовать всемирные банки информации при проведении астрофизических исследований
- применять полученные знания в своей профессиональной области

Должен владеть:

- терминологическим аппаратом в области звездных атмосфер и газовых туманностей
- методами астрономического и физического анализа наблюдательных данных
- методами критического анализа модельных расчетов

-

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.31 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 "Астрономия (Астрофизика и космология)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

### **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 7 зачетных(ые) единиц(ы) на 252 часа(ов).

Контактная работа - 132 часа(ов), в том числе лекции - 80 часа(ов), практические занятия - 50 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 2 часа(ов).

Самостоятельная работа - 57 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 63 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре; экзамен в 8 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	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- сто- ятель- ная ра- бота
			Лекции- всего	Лекции- в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Физические законы для газа в звездных атмосферах.	7	4	0	2	0	0	0	2
2.	Тема 2. Модели лучистых звездных атмосфер в сером приближении.	7	4	0	4	0	0	0	2
3.	Тема 3. Источники непрерывного поглощения в фотосферах звезд.	7	4	0	4	0	0	0	2
4.	Тема 4. Расчеты моделей звездных фотосфер и их спектров.	7	4	0	4	0	0	0	4
5.	Тема 5. Модели фотосфер для звезд разных классов.	7	5	0	3	0	0	0	4
6.	Тема 6. Образование линий в спектрах звезд.	7	5	0	4	0	0	0	4
7.	Тема 7. Источники селективного поглощения.	7	4	0	3	0	0	0	4
8.	Тема 8. Образование спектральных линий.	7	6	0	4	0	0	0	4
9.	Тема 9. Особенности формирования линий водорода, гелия и металлов.	7	6	0	2	0	0	0	4
10.	Тема 10. Специальные проблемы анализа спектров звезд.	7	6	0	4	0	0	0	4
11.	Тема 11. Состав и характеристики межзвездной среды.	8	2	0	1	0	0	0	4
12.	Тема 12. Свойства межзвездного газа.	8	2	0	1	0	0	0	4
13.	Тема 13. Ионизация газа в зонах НII и их наблюдательные свойства.	8	2	0	1	0	0	0	2
14.	Тема 14. Формирование спектров рекомбинационных линий.	8	4	0	1	0	0	0	1
15.	Тема 15. Формирование запрещенных линий.	8	2	0	1	0	0	0	1
16.	Тема 16. Непрерывный спектр зон НII	8	4	0	1	0	0	0	0
17.	Тема 17. Методы определения характеристик туманностей и облучающих звезд.	8	2	0	1	0	0	0	0
18.	Тема 18. Тепловое равновесия зон НII.	8	2	0	1	0	0	0	1
19.	Тема 19. Ионизационное и молекулярное равновесия в зонах НII.	8	2	0	1	0	0	0	2
20.	Тема 20. Формирование линий поглощения в зонах НII.	8	2	0	1	0	0	0	2
21.	Тема 21. Формирование и наблюдения линий НII 21 см.	8	2	0	2	0	0	0	2
22.	Тема 22. Молекулярные линии и мазеры.	8	3	0	2	0	0	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- мestr	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
23.	Тема 23. Тепловое состояние областей HI.	8	3	0	2	0	0	0	2
	Итого		80	0	50	0	0	0	57

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Физические законы для газа в звездных атмосферах.

Механизм переноса энергии в атмосферах звезд. Теплопроводность. Конвекция. Приближенные методы учета конвекции. Характеристики поля излучения: интенсивность, поток, средняя интенсивность. Взаимодействие излучения и вещества. Коэффициенты поглощения и излучения. Истинное поглощение и рассеяние. Роль этих процессов для резонансных и субординатных линий. Размерности коэффициентов. Вывод уравнения переноса. Формальное решение уравнения.

##### Тема 2. Модели лучистых звездных атмосфер в сером приближении.

Физические процессы, происходящие при взаимодействии плазмы и излучения. Механизмы нагрева и охлаждения плазмы. Теория лучистого равновесия для коэффициента поглощения, не зависящего от частоты. Серое приближение для атмосфер. Приближенные методы решения для серой атмосферы. Метод Шварцишильда - Шустера. Метод Милна - Эддингтона. Основные выводы из этого решения. Потемнение диска к краю. Формула Эддингтона - Барбье.

##### Тема 3. Источники непрерывного поглощения в фотосферах звезд.

Коэффициенты непрерывного поглощения. Формула Крамерса для  $b$ -а и  $b$  -  $f$  переходов. Коэффициент поглощения для водородоподобных атомов: фотоионизация, учет вынужденного излучения, свободно-свободные переходы. Другие источники поглощения: неводородоподобные атомы, отрицательные ионы водорода, рассеяние излучения свободными электронами. Роль разных источников для звезд разного типа. Сравнение теории и наблюдений.

##### Тема 4. Расчеты моделей звездных фотосфер и их спектров.

Что такое модель атмосферы? Принципы моделирования звездных атмосфер. Основные принципы расчетов моделей звездных фотосфер. Основные предположения: гидростатическое равновесие, планарность, сферичность, локальное термодинамическое равновесие. Параметры моделей атмосфер. Выбор параметров моделей атмосфер. Выбор меры глубины в моделях звездных атмосфер. Итерационный процесс при расчете моделей атмосфер.

##### Тема 5. Модели фотосфер для звезд разных классов.

Некоторые общие решения проблемы лучистого равновесия и строения фотосфер звезд различных спектральных классов: методы последовательных приближений. более точные методы решения уравнения переноса (Чаедрасекара). Современное состояние теории звездных фотосфер. Перечень имеющихся моделей атмосфер (Куруца, Густассона и др.) Принципы расчета моделей атмосфер в 3D измерении. Основные результаты этих моделей.

##### Тема 6. Образование линий в спектрах звезд.

Механизм образования линий в спектрах звезд: истинное поглощение и рассеяние. Вероятности переходов между уровнями атома. Коэффициенты Эйнштейна. Связь между коэффициентами. Роль отрицательного поглощения. Связь коэффициентов Эйнштейна с коэффициентами поглощения. Понятие о силе осциллятора. Когерентное рассеяние. Основные предположения теории рассеяния (чистое рассеяние, флюоресценция.) Решение уравнения переноса для линий в случае когерентного рассеяния.

##### Тема 7. Источники селективного поглощения.

Механизмы уширения спектральных линий. Естественное затухание в классической теории. Затухание излучения в квантовой механике. Эффект Доплера. Вывод формулы для коэффициента поглощения. Ударное уширение линий. Теория Хольцмарка. Штарк эффект. Совместный учет всех механизмов уширения. Функция Фойгта. Предельные случаи для этой функции. излучения, совместное действие затухания и движения атомов.

##### Тема 8. Образование спектральных линий.

Что такое кривая роста? Вывод формул для разных участков кривой роста. Различные виды теоретических кривых роста. Методы построения теоретических кривых роста. Методы построения кривых роста по наблюдениям. Мультиплетные линии. Процедура сравнения кривых роста (теоретической и по наблюдениям). Определение химического содержания в звездах. Дополнительная информация метода кривых роста. Основная информация из анализа кривых роста (температура, микротурбулентная скорость).

### **Тема 9. Особенности формирования линий водорода, гелия и металлов.**

Поведение спектральных линий для звезд разных температур. Истолкование наблюдаемых контуров линий в спектрах Солнца и звезд спектральной. Истолкование спектрально последовательности. Изменение контуров линий от центра к краю диска. Учет Когерентность рассеяния. Метод Шварцшильда - Шустера и метод Милна - Эддингтона решения уравнения переноса при когерентном рассеянии. Центральные остаточные интенсивности.

### **Тема 10. Специальные проблемы анализа спектров звезд.**

Микротурбулентция в звездных атмосферах. Отличие микротурбулентции и макротурбулентции. Основные предположения теории макротурбулентции. Примеры профилей линий, искаженных макротурбулентцией. Звездные ветры горячих звезд. Радиативное давление. Объяснение формирования профилей типа Р Сyg. Информация, получаемая из анализа этих профилей. Не - ЛТР подход в теории звездных атмосфер. Причины отклонений по ЛТР. Основные уравнения. Метод линеаризации. Основные результат применения не - ЛТР моделей.

### **Тема 11. Состав и характеристики межзвездной среды.**

Компоненты межзвездной среды и взаимодействия между ними. Газ в галактиках разных типов. Реликтовый и современный химический состав газа. Глобальные параметры и распределение газа в Галактике. Типы газовых образований в Галактике и их характеристики. Наблюдаемые характеристики межзвездного газа. Пыль: основные параметры и механизмы формирования. Непрерывное и селективное поглощение пылью, поляризация и рассеяние. Космические лучи: химический состав, направление движения и распределение по энергиям. Проблема мягких лучей. Глобальное магнитное поле Галактики и локальные поля. Вмороженность поля в межзвездный газ.

### **Тема 12. Свойства межзвездного газа.**

Основные принципы описания состояния межзвездной плазмы. Выполнения условия идеальности газа. Распределение частиц по скоростям: времена установления максвелловского распределения и кинетической температуры. Фактор диллюции для случаев близкой звезды и статистического ансамбля звезд. Характеристики межзвездного поля излучения и причины его неравновесности. Теорема Росселанда. Уравнения стационарности и его компоненты.

### **Тема 13. Ионизация газа в зонах НП и их наблюдательные свойства.**

Механизмы перераспределения атомов по состояниям. Скорости ионизации и рекомбинации газа. Определение коэффициентов рекомбинации водорода и других элементов. Степень ионизации атомов в окрестностях горячих звезд. Случаи оптически тонких и толстых туманностей. Формирование зон Стремгrena и слоистой структуры эмиссионных туманностей. Краткий обзор наблюдаемых характеристик областей НП. История исследований физического состояния и формирования излучения эмиссионных туманностей.

### **Тема 14. Формирование спектров рекомбинационных линий.**

Механизмы свечения линий в спектрах туманностей: рекомбинационный, ударного возбуждения. Рекомбинационные линии. Уравнения стационарности в атомах водорода и гелия. Населенность атомов в моделях оптически тонкой, оптически толстой и физически плотной туманности. Интенсивности оптически тонких субординатных линий. Возбуждение уровней атомов НI с  $i > 40$  в зоне НП. Условия, необходимые для мазерного усиления рекомбинационных линий НI Мера эмиссии.

### **Тема 15. Формирование запрещенных линий.**

Атомные характеристики запрещенных линий. Метастабильные уровни. Скорости ударных переходов тяжелых атомов. Условия свечения запрещенных линий в зонах НП. Уравнения стационарности для атомов с метастабильными уровнями. Интенсивности оптически тонких запрещенных и разрешенных линий тяжелых элементов.

### **Тема 16. Непрерывный спектр зон НП**

Непрерывный спектр зон НП. Влияние тормозного и рекомбинационного излучения и проблемы при описании наблюдаемых спектров. Запрещенные переходы в атоме НI, природа двухфотонного излучения и его характеристики. Модели формирования непрерывного излучения зон НП в случаях полного и неполного перераспределения атомов по вырожденным уровням. Особенности распределения энергии в радиодиапазоне. Понятие яркостной температуры туманности.

### **Тема 17. Методы определения характеристик туманностей и облучающих звезд.**

Бальмеровский декремент и его применение для определения фундаментальных характеристик эмиссионных туманностей. Определение межзвездного поглощения по рекомбинационным линиям НI. Определение температуры возбуждающей звезды по рекомбинационным линиям. Методы Занстра I и II типов и Амбарцумяна. Источники ошибок разных методов и способы их уменьшения. Методы определения характеристик газа (Te и Ne) по запрещенным линиям в зонах НП. Метод перегиба и его применения при определении меры эмиссии туманностей.

### **Тема 18. Тепловое равновесия зон НI.**

Принцип сохранения теплового равновесия межзвездной среды. Функция нагрева газа. Эффективность нагрева при ионизации водорода и гелия излучением звезд О-В классов. Функция охлаждения охлаждения. Охлаждение при рекомбинации водорода и свободно-свободных переходах. Охлаждения при ударном возбуждении в атоме НI. Охлаждение при ударной накачке запрещенных линий тяжелых элементов. Общее уравнение теплового состояния и его решения. Роль разных факторов охлаждения при изменении температуры газа и влияние его химического состава.

### **Тема 19. Ионизационное и молекулярное равновесия в зонах НI.**

Краткий обзор наблюдений и истории исследований областей НI. Поле излучение и факторы диллюции в холодном газе. Ионизационное равновесие тяжелых атомов при фотоионизации ультрафиолетовым излучением далеких звезд. Ионизация водорода космическими лучами и проблема учета мягких космических лучей. Реакции перезарядки при формировании ионизационного равновесия кислорода и других легких атомов. Механизмы образования и диссоциации молекул в м/з среде. Систематика энергетических состояний молекул. Формирования молекул Н2 на космической пыли. Роль ион-молекулярных взаимодействий при формировании тяжелых молекул.

### **Тема 20. Формирование линий поглощения в зонах НI.**

Наблюдательные свойства линий поглощения межзвездной среды. Населенности уровней тяжелых атомов в холодном газе. Формирование линий поглощения при отсутствии собственного излучения газа. Теоретическая кривая роста для линий поглощения и ее участки: линейный, насыщения, затухания. Метод дублетов и его применение при определение лучевой концентрации поглощающих атомов, температур и дисперсии скоростей облаков НI

### **Тема 21. Формирование и наблюдения линии НI 21 см.**

Сверхтонкое расщепление основного уровня НI, природа и атомные параметры линия 21 см. Условия формирования линии при термодинамического равновесии. Уравнение переноса в линии и его решения. Оценки интенсивности линии 21 см. в эмиссии и в поглощении. Применение линии 21 см. при определение концентрации водорода в Галактике, распределения и температуры плотных облаков НI.

### **Тема 22. Молекулярные линии и мазеры.**

Особенности формирования абсорбционных и эмиссионных молекулярных радиолиний. Температура возбуждения молекул и ее связь с плотностью среды. Уравнение теплового состояния молекулярных облаков. Определение температур облаков и концентрации молекул по линиям разных типов. Межзвездные мазеры, их классификация и условия наблюдений. Характеристики мазерных линий. Уравнения состояния молекул, насыщенные и ненасыщенные мазеры. Ударные и радиативные механизмы мазерной накачки.

### **Тема 23. Тепловое состояние областей НI.**

Функции нагрева и охлаждения в зонах НI. Ударное охлаждение в атоме водорода, ионах СII и SiII, молекуле Н2, молекуле DH и тяжелых молекулах. Нагрев при ионизации тяжелых элементов. Нагрев космическими частицами и проблема неточного учета мягких космических лучей. Нагрев при ассоциации молекул на пылинках. Влияние фотоэффекта на космической пыли. Стационарная модель межзвездной среды.

## **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 науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

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)**

В.В. Иванов - Физика переноса излучения - [www.astro.spbu.ru](http://www.astro.spbu.ru)

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)

Нагирнер Д.И. Лекции по теории переноса излучения - [www.astro.spbu.ru](http://www.astro.spbu.ru)

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Подробности: [http://kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8226](http://kpfu.ru/main_page?p_sub=8226) Любое использование материалов допускается только при наличии гиперссылки на портал КФУ ([kpfu.ru](http://kpfu.ru)) - eLIBRARY.RU

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Лекция ? это форма учебного процесса, основанная на передаче преподавателем новых знаний, изложении учебного материала для его целостного усвоения студентами в логической взаимосвязи. Материал для лекции преподаватель подбирает в соответствии с требованиями государственного стандарта образования и рабочей программы по предмету. Могут использоваться так же собственные, авторские разработки. Чаще всего используются лекции в режиме монолога преподавателя с учетом обратной связи студентов (вопросы, уточнения и т.п.). Для стимулирования познавательных процессов студентов, их активизации в процессе обучения применяются лекции в режиме диалога.</p> <p>Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции ? 10-15 минут.</li> <li>Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией ? 10-15 минут.</li> <li>Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий: <ul style="list-style-type: none"> <li>? После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).</li> <li>? При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).</li> <li>? В течение недели выбрать время (не менее 1час) для работы с литературой в библиотеке.</li> </ul> </li> </ul>
практические занятия	<p>При выполнении расчетно-компьютерных работ задачи подбираются по мере их усложнения. На начальном этапе необходимо внимательно прочитать условие, понять, что именно требуется найти в задаче, достичь ясности относительно всего задания. При решении задач и получения формул следует прежде всего проверять правильность полученных формул на основе размерностей, на наличие симметрии формул. Полезно результат проверить на поведение результата для очевидных экстремальных условий. При решении учебных задач с числовым результатом, следует указать требуемую точность.</p>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) ? это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>? Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться;</li> <li>? Сам такой перечень должен систематизирован.</li> <li>? Обязательно выписывать все выходные данные по каждой.</li> <li>? Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие ? просто просмотреть.</li> <li>? Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность ?воспринимать ? сложные тексты; для этого лучший прием ? научиться ?читать медленно?, когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать).</li> <li>Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель ? извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.</li> </ul>
экзамен	<p>Для контроля усвоения данной дисциплины предусмотрен экзамен, на котором студентам необходимо ответить на вопросы экзаменационных билетов. Оценка по экзамену является итоговой по курсу и проставляется в приложении к диплому. На экзамен студенты заходят по одному и тянут билет, а потом долго думают над ответом.</p>

## **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.

Мультимедийная аудитория.

## **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.О.31 Теоретическая астрофизика**

**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: 2025

**Основная литература:**

1. Общая астрофизика / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физ. фак., Гос. астроном. ин-т им. П. К. Штернберга . - 3-е изд., [испр. и доп.] . - Фрязино: Век 2, 2015 . - 573 с. (НБ -15 экз.).
2. Гусейханов, М. К. Основы астрофизики : учебное пособие / М. К. Гусейханов. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-4037-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/114694> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Шиманский, В.В. Астрофизический спецпрактикум : учебно-методическое пособие / В. В. Шиманский, Р. С. Плясун, Н. Н. Шиманская. - (Казань: Казанский федеральный университет, 2010) . Ч. 2: Физика межзвездной среды. - Электронные данные (1 файл: 1,04 Мб). - (Казань: Казанский федеральный университет, 2010). - Загл. с экрана. - Для 9-го семестра. - Текст: электронный. - URL: [http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06\\_046\\_A5-000560.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_046_A5-000560.pdf) (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: только для студентов и сотрудников КФУ.

**Дополнительная литература:**

1. Бескин, В. С. Гравитация и астрофизика : учебное пособие / В. С. Бескин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 158 с. - ISBN 978-5-9221-1054-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2114> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Бисикало, Я. В. Газодинамика тесных двойных звезд / Я. В. Бисикало, А. Г. Жилкин, А. А. Боярчук. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 630 с. - ISBN 978-5-9221-1404-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48292> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Аккремационные процессы в астрофизике / П. К. Аболмасов, В. В. Журавлев, А. Ю. Кочеткова, Г. В. Липунова; под редакцией Н. И. Шакуры. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-1633-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91161> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Соболев В. В. Курс теоретической астрофизики. - 3-е изд., перераб.- М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. - 504 с. (НБ -19 экз.)
5. Основы физики межзвездной среды : учебное пособие / Н.Г. Бочкарев .- М., 1992 .- 352с. (НБ -13 экз.).

*Приложение 3*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**Б1.О.31 Теоретическая астрофизика**

**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: 2025

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

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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.