

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.

подпись

«29» мар 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### ***Б1.В.05 АСТРОФИЗИКА***

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация

Фундаментальная физика

*(наименование направленности (профиля) специализации)*

Форма обучения

очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация

бакалавр

*(бакалавр, магистр, специалист)*

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.05 «Астрофизика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

Программу составил:

В.Е. Лысенко,  
ст. преподаватель кафедры оптоэлектроники

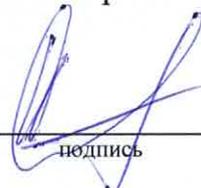


---

подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.05 «Астрофизика» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 10 от 17 апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники  
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.



---

подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и информационных систем, протокол № 13 от 20 апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук,  
профессор Богатов Н.М.



---

подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 9 от 20 апреля 2020 г.

Председатель УМК ФТФ  
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.



---

подпись

Рецензенты:

Попов А.В., директор ООО "Партнер Телеком"

Тумаев Е.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель дисциплины**

Формирование комплекса общекультурных и профессиональных компетенций, устойчивых знаний, умений и навыков, определяющих подготовку бакалавров, необходимых и достаточных для осуществления всех видов профессиональной деятельности, предусмотренной образовательным стандартом, изучение студентами физических свойств космических тел и их систем, проявляющихся во всех диапазонах шкалы электромагнитных волн и иных видов излучений, а также современных теорий и моделей строения и развития космических тел и их систем.

### **1.2 Задачи дисциплины**

1. изучение практических и теоретических основ астрофизики;
2. рассмотрение существующих теорий и моделей, описывающих физическую природу основных типов космических объектов и систем;
3. изучение приборной базы астрофизики и методик работы с ней;
4. получение навыков астрофизических наблюдений и интерпретации полученных данных в рамках существующих теорий и моделей.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических и дифференциальных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач. Предшествующие дисциплины, необходимые для ее изучения: высшая математика, физика.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций: ПК-2, ОПК-3

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-2	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	основные методы изучения физической природы космических тел и их систем	определять основные астрофизические характеристики небесных объектов из наблюдений, пользоваться приборной базой для проведения наблюдений.	навыками, астрофизических наблюдений и систематизации полученных результатов.
2	ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	главные направления астрофизических исследований, существующие теории и модели строения и развития космических тел и их систем, специфику процессов, происходящих во Вселенной, условия для которых невозможно создать в лабораториях.	объяснять астрофизические явления в рамках существующих теорий и моделей,	навыками решения задач, возникающих в процессе изучения космических тел и их систем

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)
			7 семестр
<b>Контактная работа (в том числе):</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		80	80
Занятия лекционного типа		32	32
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		16	16
Лабораторные занятия		32	32
<b>Иная контактная работа:</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4
Промежуточная аттестация (ИКР ) в форме экзамена		0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		33	33
Курсовая работа			
Проработка учебного (теоретического) материала		20	20
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)			
Реферат			
Подготовка к текущему контролю		13	13
<b>Контроль:</b>		26,7	26,7
Подготовка к экзамену			
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>84,3</b>	<b>84,3</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре(очная форма)

№	Наименование разделов	Количество часов
---	-----------------------	------------------

раздел а		Всего	Аудиторная работа			КСР	Внеаудиторная работа СР
			Л	ПЗ	ЛР		
1	Введение		2	1	-	-	-
2	Излучение и распространение электромагнитных волн в космической среде		2	1	4	0,4	3
3	Инструменты и методы астрофизики		4	2	8	0,4	3
4	Общие свойства звезд		3	2	4	0,4	3
5	Двойные и переменные звезды		3	2	4	0,4	3
6	Компактные звезды		3	2	-	0,4	3
7	Эволюция звезд		3	1	-	0,4	3
8	Солнце как ближайшая звезда		4	1	4	0,4	3
9	Планетные системы		2	1	4	0,4	3
10	Галактика		2	1	2	0,4	3
11	Галактики и скопления галактик		2	1	2	0,2	3
12	Элементы космологии		2	1	-	0,2	3
	<i>Итого по дисциплине:</i>	144	32	16	32	4	33

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СР – самостоятельная работа студента.

### 2.3 Содержание разделов дисциплины:

В данном подразделе, в табличной форме приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетнографического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т).

#### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	<i>Введение</i>	Место астрофизики в системе астрономических знаний, ее становление и развитие. Пространственно-временные масштабы в астрофизике.	

2.	<i>Излучение и распространение электромагнитных волн в космической среде</i>	Понятия интенсивности (поверхностной яркости), потока и плотности излучения. Тепловое излучение. Локальное термодинамическое равновесие. Температура астрофизических источников, определяемая по их излучению. Механизмы генерации нетеплового излучения. Коэффициенты излучения и поглощения. Оптическая толщина. Уравнение переноса излучения и его решения для простейших случаев.	РГЗ
3.	<i>Инструменты и методы астрофизики</i>	Системы и характеристики оптических телескопов. Приемники излучения видимого диапазона. Эффективность телескопа. Проблема улучшения углового разрешения. Методы измерений астроклиматических параметров:	РГЗ

		количества ясного времени, прозрачности атмосферы и метеорологических факторов – температуры, влажность, скорость ветра. Спекл-интерферометрия. Активная и адаптивная оптика. Поляризационные и фотометрические наблюдения. Закон Погсона. Формирование непрерывного спектра и спектральных линий в астрофизических условиях. Спектральные наблюдения. Радиотелескопы. Радиоинтерферометры. Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой(РСДБ). Метод апертурного синтеза. Пропускание излучения земной атмосферой. Внеатмосферная астрофизика. Гравитационно-волновые и нейтринные телескопы.	
4.	<i>Общие свойства звезд</i>	Общие характеристики и спектральная классификация звезд. Диаграмма Герцшпрунга–Рессела. Атмосферы звезд. Ядерные реакции как источник звездной энергии. Уравнения равновесия стационарных звезд. Внутреннее строение звезд главной последовательности.	РГЗ

5.	<i>Двойные и переменные звезды</i>	Двойные и кратные звезды. Затменные двойные. Определение масс двойных звезд. Соотношения M-L и M-R. Функция масс. Пульсации звезд. Цефеиды. Долгопериодические переменные. Эруптивные и катаклизмические переменные. Новые звезды. Сверхновые звезды. Остатки сверхновых. Гиперновые и гамма-всплески.	РГЗ
6.	<i>Компактные звезды</i>	Наблюдаемые свойства белых карликов. Вырождение вещества. Предел Чандрасекара. Нейтронные звезды. Предел Оппенгеймера-Волкова. Оценки масс нейтронных звезд. Свойства радиопульсаров. Рентгеновские пульсары. Барстеры. Звездные черные дыры. Релятивистские эффекты вблизи черных дыр. Методы обнаружения черных дыр.	Э, РГЗ
7.	<i>Эволюция звезд</i>	Эволюция одиночных звезд. Диаграмма цвет-светимость для звездных скоплений. Особенности и стадии эволюции двойных звезд. Приближение Роша и полость Роша. Происхождение химических элементов (до элементов железного пика). Процессы образования тяжелых элементов в природе..	Э
8.	<i>Солнце как ближайшая звезда</i>	Общие характеристики Солнца. Особенности фотосферы, хромосферы и короны, солнечный ветер. Внутреннее строение Солнца. Проблема солнечных нейтрино. Гелиосейсмология. Активные образования и области на Солнце. Цикл солнечной активности.	Э, РГЗ
9.	<i>Планетные системы</i>	Солнечная планетная система и ее образование. Протопланетные диски. Методы обнаружения планет вокруг звезд. Статистические зависимости экзопланет.	Э, РГЗ

10.	<i>Галактика</i>	Звездный состав и звездные скопления нашей Галактики, ее вращение и масса. Основные составляющие и проявления межзвездной среды. Космические лучи и магнитное поле Галактики. Диффузные туманности. Излучение туманностей в запрещенных линиях. Рекомбинационное излучение. Физическое состояние межзвездного газа: области HII, HI, H <sub>2</sub> , ГМО, горячий газ, мазерные источники. Механизмы нагрева и охлаждения межзвездного газа. Тепловая неустойчивость МЗС. Подсистемы, спиральные ветви и центральная область Галактики, ее эволюция.	Э, РГЗ
11.	<i>Галактики и скопления галактик</i>	Основные характеристики и структура галактик. Физическая природа спиральной структуры. Движение газа и звезд в галактиках. Проблема темного гало. Звездообразование в галактиках и их эволюция. Особенности эволюции галактик в скоплениях. Типы и структура активных ядер галактик, принципы определения их параметров. Модели активных ядер. Группы и скопления галактик. Методы оценки масс скоплений, гравитационное линзирование. Крупномасштабное распределение галактик. Метагалактика. Красное смещение. Закон Хаббла.	Э
12.	<i>Элементы космологии</i>	Парадоксы ньютоновской космологии. Релятивистские однородные и изотропные космологические модели. Большой взрыв и физические процессы в горячей Вселенной. Реликтовое излучение. Трудности классической космологии. Модель инфляционной Вселенной. Темная энергия. Космологические модели и данные наблюдений. Метавселенная.	Э

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4

1.	Введение	Место астрофизики в системе астрономических знаний, ее становление и развитие. Пространственно-временные масштабы в астрофизике.	
2.	Излучение и распространение электромагнитных волн в космической среде	Понятия интенсивности (поверхностной яркости), потока и плотности излучения. Тепловое излучение. Локальное термодинамическое равновесие. Температура астрофизических источников, определяемая по их излучению. Механизмы генерации нетеплового излучения. Коэффициенты излучения и поглощения. Оптическая толщина. Уравнение переноса излучения и его решения для простейших случаев.	РГЗ
3.	Инструменты и методы астрофизики	Системы и характеристики оптических телескопов. Приемники излучения видимого диапазона. Эффективность телескопа. Проблема улучшения углового разрешения. Методы измерений астроклиматических параметров: количества ясного времени, прозрачности атмосферы и метеорологических факторов – температуры, влажность, скорость ветра. Спекл-интерферометрия. Активная и адаптивная оптика. Поляризационные и фотометрические наблюдения. Закон Погсона. Формирование непрерывного спектра и спектральных линий в астрофизических условиях. Спектральные наблюдения. Радиотелескопы. Радиоинтерферометры. Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой(РСДБ). Метод апертурного синтеза. Пропускание излучения земной атмосферой. Внеатмосферная астрофизика. Гравитационно-волновые и нейтринные телескопы.	РГЗ
4.	Общие свойства звезд	Общие характеристики и спектральная классификация звезд. Диаграмма Герцшпрунга–Рессела. Атмосферы звезд. Ядерные реакции как источник звездной энергии. Уравнения равновесия стационарных звезд. Внутреннее строение звезд главной последовательности.	РГЗ
5.	Двойные и переменные	Двойные и кратные звезды. Затменные	РГЗ

	звезды	двойные. Определение масс двойных звезд. Соотношения M-L и M-R. Функция масс. Пульсации звезд. Цефеиды. Долгопериодические переменные. Эруптивные и катаклизмические переменные. Новые звезды. Сверхновые звезды. Остатки сверхновых. Гиперновые и гамма-всплески.	
6.	Компактные звезды	Наблюдаемые свойства белых карликов. Вырождение вещества. Предел Чандрасекара. Нейтронные звезды. Предел Оппенгеймера-Волкова. Оценки масс нейтронных звезд. Свойства радиопульсаров. Рентгеновские пульсары. Барстеры. Звездные черные дыры. Релятивистские эффекты вблизи черных дыр. Методы обнаружения черных дыр.	Э, РГЗ
7.	Эволюция звезд	Эволюция одиночных звезд. Диаграмма цвет-светимость для звездных скоплений. Особенности и стадии эволюции двойных звезд. Приближение Роша и полость Роша. Происхождение химических элементов (до элементов железного пика). Процессы образования тяжелых элементов в природе..	Э
8.	Солнце как ближайшая звезда	Общие характеристики Солнца. Особенности фотосферы, хромосферы и короны, солнечный ветер. Внутреннее строение Солнца. Проблема солнечных нейтрино. Гелиосейсмология. Активные образования и области на Солнце. Цикл солнечной активности.	Э, РГЗ
9.	Планетные системы	Солнечная планетная система и ее образование. Протопланетные диски. Методы обнаружения планет вокруг звезд. Статистические зависимости экзопланет.	Э, РГЗ, ЛР

10.	Галактика	Звездный состав и звездные скопления нашей Галактики, ее вращение и масса. Основные составляющие и проявления межзвездной среды. Космические лучи и магнитное поле Галактики. Диффузные туманности. Излучение туманностей в запрещенных линиях. Рекомбинационное излучение. Физическое состояние межзвездного газа: области HII, HI, H <sub>2</sub> , ГМО, горячий газ, мазерные источники. Механизмы нагрева и охлаждения межзвездного газа. Тепловая неустойчивость МЗС. Подсистемы, спиральные ветви и центральная область Галактики, ее эволюция.	Э, РГЗ, ЛР
11.	Галактики и скопления галактик	Основные характеристики и структура галактик. Физическая природа спиральной структуры. Движение газа и звезд в галактиках. Проблема темного гало. Звездообразование в галактиках и их эволюция. Особенности эволюции галактик в скоплениях. Типы и структура активных ядер галактик, принципы определения их параметров. Модели активных ядер. Группы и скопления галактик. Методы оценки масс скоплений, гравитационное линзирование. Крупномасштабное распределение галактик. Метагалактика. Красное смещение. Закон Хаббла.	Э, ЛР
12.	Элементы космологии	Парадоксы ньютоновской космологии. Релятивистские однородные и изотропные космологические модели. Большой взрыв и физические процессы в горячей Вселенной. Реликтовое излучение. Трудности классической космологии. Модель инфляционной Вселенной. Темная энергия. Космологические модели и данные наблюдений. Метавселенная.	Э

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4

1.	Инструменты и методы астрофизики	Методы измерений астроклиматических параметров: количества ясного времени, прозрачности атмосферы и метеорологических факторов.	отчет
2.	Планетные системы	Определение радиусов орбит и периодов обращения спутников Юпитера	отчет
3.	Солнце как ближайшая звезда	Изучение спектра Солнца	отчет
4.	Солнце как ближайшая звезда	Определение индексов солнечной активности	отчет
5.	Общие свойства звезд	Изучение математической модели газового шара	отчет
6.	Излучение и распространение электромагнитных волн в космической среде	Определение цветовой температуры звезд	отчет
7.	Общие свойства звезд	Изучение собственных движений звезд	отчет
8.	Галактика	Изучение строения Галактики	отчет
9.	Планетные системы	Исследование характера изменения блеска комет вблизи перигелия	отчет
10.	Галактики и скопления галактик	Определение красного смещения галактик	отчет

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
---	---------	---

1	Проработка учебного (теоретического материала), подготовка к текущей и промежуточной аттестации (зачёту и вопросам)	<p>1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.</p> <p>2. Мурзин, В.С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-98704-171-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789</a></p> <p>3. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/59705">https://e.lanbook.com/book/59705</a>. — Загл. с экрана.</p>
2	Подготовка к практическим занятиям	<p>1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.</p> <p>2. Мурзин, В.С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-98704-171-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789</a></p> <p>3. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/59705">https://e.lanbook.com/book/59705</a>. — Загл. с экрана.</p>
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	<p>1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А.</p>

		<p>Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.</p> <p>2. Мурзин, В.С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-98704-171-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789</a></p> <p>3. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/59705">https://e.lanbook.com/book/59705</a>. — Загл. с экрана.</p> <p>4. Лабораторные работы по астрофизике для студентов 4 курса физико-технического факультета КубГУ по направлению "физика" <a href="http://moodle.kubsu.ru/course/view.php?id=387">http://moodle.kubsu.ru/course/view.php?id=387</a></p>
--	--	--

**Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по темам программы для проработки теоретического материала**

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1.	Введение	1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.
2.	Излучение и распространение электромагнитных волн в космической среде	1. Мурзин, В.С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-98704-171-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789</a> 2. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/59705">https://e.lanbook.com/book/59705</a> . — Загл. с экрана.

3.	Инструменты и методы астрофизики	<p>1. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/59705">https://e.lanbook.com/book/59705</a>. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Бескин, В.С. Гравитация и астрофизика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 158 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2114">https://e.lanbook.com/book/2114</a>. — Загл. с экрана.</p>
4.	Общие свойства звезд	<p>1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.</p> <p>2. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн.</p>

		<p>Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/59705">https://e.lanbook.com/book/59705</a>. — Загл. с экрана.</p>
5.	Двойные и переменные звезды	<p>1. Гусейханов, М.К. Основы астрономии [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СанктПетербург : Лань, 2017. — 152 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93767">https://e.lanbook.com/book/93767</a>. — Загл. с экрана. 2. Ульмшнайдер, Петер. Разумная жизнь во вселенной [Текст] / П. Ульмшнайдер ; пер. с англ. Д. А. Беляева, А. Н. Востриковой, А. Ю. Иванова. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 343 с.</p>
6.	Компактные звезды	<p>1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.</p> <p>2. Гусейханов, М.К. Основы астрономии [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СанктПетербург : Лань, 2017. — 152 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93767">https://e.lanbook.com/book/93767</a>. — Загл. с экрана.</p>
7.	Эволюция звезд	<p>1. Бескин, В.С. Гравитация и астрофизика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 158 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2114">https://e.lanbook.com/book/2114</a>. — Загл. с экрана.</p>
8.	Солнце как ближайшая звезда	<p>1. Ульмшнайдер, Петер. Разумная жизнь во вселенной [Текст] / П. Ульмшнайдер ; пер. с англ. Д. А. Беляева, А. Н. Востриковой, А. Ю. Иванова. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 343 с.</p>

9.	Планетные системы	<p>1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.</p> <p>2. Бескин, В.С. Гравитация и астрофизика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 158 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2114">https://e.lanbook.com/book/2114</a>. — Загл. с экрана.</p>
10.	Галактика	<p>1. Гусейханов, М.К. Основы астрономии [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СанктПетербург : Лань, 2017. — 152 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93767">https://e.lanbook.com/book/93767</a>. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Бескин, В.С. Гравитация и астрофизика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 158 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2114">https://e.lanbook.com/book/2114</a>. — Загл. с экрана.</p>
11.	Галактики и скопления галактик	<p>1. Гусейханов, М.К. Основы астрономии [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СанктПетербург : Лань, 2017. — 152 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93767">https://e.lanbook.com/book/93767</a>. — Загл. с экрана.</p>
12.	Элементы космологии	<p>1. Мурзин, В.С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-598704-171-6 ; То же [Электронный ресурс]. -</p>
		<p>URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=84789</a> 2. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/59705">https://e.lanbook.com/book/59705</a>. — Загл. с экрана.</p>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом, – в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии**

При изучении дисциплины проводятся следующие виды учебных занятий и работ: лекции, практические занятия, домашние задания, защита лабораторных работ, консультации с преподавателем, самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к практическими занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к экзамену).

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а так же в формировании профессиональных компетенций. По ряду тем дисциплины лекции проходят в классическом стиле. Студенту в режиме самостоятельной работы рекомендуется изучение короткометражных видеофрагментов по изучаемым вопросам.

При проведении практических занятий может использоваться доска, для расчетов и анализа данных могут применяться дополнительные справочные материалы. Предварительно изучая рекомендованную литературу, студенты готовятся к практическому занятию — анализируют предложенные в учебнике примеры решения задач. На практических занятиях студенты работают индивидуально. Каждому студенту выдаются свои исходных данные к рассматриваемым на занятии задачам. Решение задачи один из студентов оформляет на доске и публично защищает. При возникновении трудностей преподаватель помогает студентам в достижении положительного результата. В ходе проверки промежуточных результатов, поиска и исправления ошибок, осуществляется интерактивное взаимодействие всех участников занятия.

При проведении лабораторных работ подгруппа разбивается на команды по 2-3 человека. Каждой команде выдаётся задание на выполнение лабораторной работы. Студенты самостоятельно распределяют обязанности и приступают к выполнению задания, взаимодействуя между собой. Преподаватель контролирует ход выполнения работы каждой группой. Уточняя ход работы, если студенты что-то выполняют не правильно, преподаватель помогает им преодолеть сложные моменты и проверяет достоверность полученных экспериментальных результатов. После

оформления технического отчета команды отвечают на теоретические контрольные и дополнительные вопросы и защищают лабораторную работу.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность пользоваться любыми учебно-методическими и справочными материалами и рекомендациями, размещенными в сети Интернет.

Консультации проводятся раз в две недели для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении вопросов изучаемой дисциплины.

Таким образом, основными образовательными технологиями, используемыми в учебном процессе являются: интерактивная лекция с мультимедийной системой и активным вовлечением студентов в учебный процесс; обсуждение сложных вопросов и проблем и с последующим разбором этих вопросов на практических занятиях; лабораторные занятия — работа студентов в малых группах в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент». При проведении практических и лабораторных учебных занятий предусмотрено развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

В процессе подготовки к ответам на контрольные вопросы и практическим заданиям формируются требуемые ФГОС и ООП компетенции: ПК-2 и ОПК-3.

Текущий контроль организован следующих в формах: защиты лабораторных работ, в ходе практических и лабораторных занятий путем оценки активности студента и результативности его действий.

Ниже приводится перечень и примеры оценочных средств. Полный комплект оценочных средств приводится в ФОС дисциплины Б1.В.05 «Астрофизика».

Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме разноуровневых заданий и промежуточной аттестации в форме вопросов и задач к экзамену.

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:

- Контрольные вопросы по учебной программе.

- Примеры практических заданий по учебной программе.
- Контрольные вопросы к лабораторным работам.
- Темы эссе.

### **Примеры контрольных вопросов по учебной программе**

#### **Введение**

- 1 Назовите основные разделы астрофизики.
- 2 На каких высотах происходит основное поглощение солнечного излучения молекулами кислорода, азота и озона в земной атмосфере?
- 3 Как связана светимость изотропно излучающей плоской поверхности с ее яркостью?
- 4 Определить звездную величину шарового скопления, состоящего из  $N$  одинаковых звезд с видимой звездной величиной  $m$ .

#### **Излучение и распространение электромагнитных волн в космической среде**

- 1 В чем состоит значение формулы Планка для астрофизики?
- 2 Какие основные теоретические следствия из формулы Планка?
- 3 Какие виды температур вы можете назвать?
- 4 Что такое абсолютно черное тело?
- 5 Назовите основные законы излучения абсолютно черного тела.
- 6 В чем смысл уравнения переноса излучения и коэффициентов поглощения и излучения?

#### **Инструменты и методы астрофизики**

- 1 От каких факторов зависит проникающая сила телескопа?
- 2 Что такое адаптивная оптика?
- 3 Назвать динамический диапазон глаза, фотоэмульсии, фотоумножителя, ПЗС-элемента.
- 4 Что такое красная граница фотоэффекта?
- 5 В чем преимущество рефлекторов перед рефракторами?
- 6 В чем преимущества экваториальной монтировки перед вертикальноазимутальной?
- 7 Почему современные большие телескопы используют вертикальноазимутальную монтировку?
- 8 Почему космические инфракрасные телескопы требуют глубокого охлаждения?
- 9 Почему в рентгеновском диапазоне для телескопостроения важен принцип косоугольного падения?

## 10 Что такое сверхдлиннобазовая интерферометрия?

### **Общие свойства звезд**

- 1 Назовите принципы спектральных классификаций звезд.
- 2 Объясните значение диаграммы спектр–светимость.
- 3 Какому спектральному классу и классу светимости принадлежит Солнце?
- 4 Назовите основные физические характеристики звезд.
- 5 Охарактеризуйте внутреннее строение звезд разных масс.
- 6 Охарактеризуйте возможные источники энергии звезд.

### **Двойные и переменные звезды**

- 1 Какое значение имеет звездная величина переменной звезды в эпоху минимума?
- 2 Какие классы переменных звезд вы можете назвать?
- 3 Какие классы двойных звезд физически эквивалентны переменным?
- 4 Что такое пульсирующие звезды и в чем их ценность для астрофизики звездных систем?
- 5 Охарактеризуйте новые и сверхновые звезды.
- 6 Что такое эруптивные переменные?

### **Компактные звезды**

- 1 В чем сущность квантового вырождения газа?
- 2 В чем причина возникновения белых карликов и нейтронных звезд?
- 3 Каковы источники энергии белых карликов?
- 4 На какой теории основано представление о черных дырах?
- 5 Дайте определение черной дыры.
- 6 Назовите возможные черные дыры среди наблюдаемых объектов.

### **Эволюция звезд**

- 1 Чем определяется скорость эволюции водородной звезды?
- 2 Что такое циклы ядерных превращений в ядрах звезд?
- 3 Что такое вырожденный объект?
- 4 Что такое нейтронная звезда, и с каким реально наблюдаемым классом объектов она связана?
- 5 Что такое слоевой источник в красных гигантах?
- 6 В чем особенность эволюции двойных систем?

### **Солнце как ближайшая звезда**

- 1 Какова видимая звездная величина Солнца при наблюдениях с Плутона?
- 2 Если бы пятна заплнили всю фотосферу, как изменилась бы светимость Солнца?

- 3 В какой области солнечного диска видны наиболее глубокие слои?
- 4 В каких областях солнечного диска можно наблюдать слои температурного минимума?
- 5 Почему с уменьшением длины волны потемнение края солнечного диска усиливается?
- 6 Назовите основные наблюдаемые сферы Солнца?
- 7 Опишите внутреннее строение Солнца согласно стандартной модели.
- 8 Какова кинетическая энергия протонов, если они испущены во время хромосферной вспышки и достигают Земли через сутки?
- 9 Какие закономерности можно получить из анализа зависимости среднегодовых чисел Вольфа от времени?

### **Планетные системы**

- 1 Каковы основные различия планет земной группы и планет-гигантов?
- 2 В чем отличия спектров планет и звезд?
- 3 Каковы механизмы радиоизлучения Юпитера в разных диапазонах радиоволн?
- 4 В чем отличие тел составляющих главный пояс астероидов и пояс Койпера?
- 5 Все ли круглые кратеры являются ударными?
- 6 Почему малые тела в основном не обладают атмосферой?
- 7 Назовите особенности комет по сравнению с другими малыми телами.
- 8 Назовите источник метеоров в земной атмосфере.
- 9 Назовите тела с выраженной вулканической активностью.

### **Галактика**

- 1 Какую можно было бы ожидать яркость Млечного Пути, если бы не было межзвездного поглощения?
- 2 Назовите основные типы галактических объектов.
- 3 Охарактеризуйте плоскую и сферическую подсистемы Галактики.
- 4 Что такое звездные ассоциации? Какова их роль в объяснении явления звездообразования?
- 5 Назовите основные типы туманностей и их роль в объяснении эволюции звезд.
- 6 Назовите видимые проявления спиральности Галактики.

### **Галактики и скопления галактик**

- 1 Назовите типы галактик.
- 2 Назовите методы определения расстояния до галактик.
- 3 Назовите элементы строения спиральных галактик.
- 4 Перечислите типы галактик в порядке возрастания числа звезд в них.

5 Какие объекты входят в состав галактик кроме звезд?

### Элементы космологии

- 1 Назовите космологический принцип.
- 2 Перечислите космологические парадоксы.
- 3 Охарактеризуйте реликтовое излучение.
- 4 Каким законом описывается космологическое красное смещение?
- 5 Охарактеризуйте гипотезу Большого Взрыва и расширяющейся Вселенной.

### Примеры практических заданий по учебной программе

1. Исходя из того факта, что с высоты человеческого роста (1,8 м) предметы на поверхности моря видны максимум на расстоянии 5 км, а также исходя из предположения, что Земля — шар, рассчитать радиус Земли.
2. Исходя из значения астрометрической точности в определении геометрического параллакса  $0,001''$ , определить максимальное расстояние до удаленных звезд, определяемое надежно.
3. Приняв за среднюю концентрацию звезд значение в окрестностях Солнца (вокруг Солнца в радиусе 5 пк находятся 50 звезд), оценить число звезд, расстояние до которых может быть определено надежно.
4. Вычислить массу Нептуна относительно массы Земли, зная, что его естественный спутник отстоит от центра планеты на 354 тыс. км и период его обращения равен 5 суткам и 21 часу.
5. Как влияет плавное увеличение массы планеты на ее большую полуось?
6. Какое увеличение телескопа следует применить, чтобы Юпитер (угловой диаметр  $40''$ ) выглядел как Луна для невооруженного глаза ( $30'$ )?
7. Если окуляр с объективом с  $F = 160$  см дает увеличение 200 раз, то какое увеличение этот же окуляр даст с объективом с  $F = 12$  м?
8. Зная, что освещенность от Солнца составляет 135000 лк, определить звездную величину Солнца.
9. Найти абсолютную звездную величину Солнца. Учесть, что  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ ае}$ .
10. Солнечная постоянная — это суммарный поток солнечного излучения, проходящий за единицу времени через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии одной астрономической единицы от Солнца вне земной атмосферы и равна  $1367 \text{ Вт/м}^2$ . Освещенность вне земной атмосферы 135000 лк.

11. излучает как абсолютно черное тело, зная, что максимум интенсивности излучения приходится на длину волны 450 нм, определить цветовую температуру.

12. Считая, что Солнце излучает как абсолютно черное тело, зная интегральную светимость Солнца равную  $3,85 \cdot 10^{26}$  Вт и радиус Солнца равный  $6,95 \cdot 10^8$  м, найти эффективную температуру Солнца.

13. Для малых  $\tau$  (то есть  $\tau \ll 1$ ) путем разложения в ряд формулы получить упрощенное уравнение и прокомментировать, для каких условий его можно применить.

14. На основании закона равномерного движения по окружности и центростремительного ускорения получить отношение масс компонентов двойной системы к расстояниям от центра масс .

15. Какой видимой звездной величиной должны обладать цефеиды с периодом 5 суток в Галактике Андромеды (2,52 млн. св.лет)?

### **Пример контрольных вопросов по лабораторным работам**

Сформулируйте законы, определяющие движения небесных тел.

Почему законы Кеплера справедливы и для спутников планет? Какие упрощающие приближения вводятся для определения радиуса орбиты и периода обращения спутника Юпитера?

Перечислите источники погрешностей в определении радиуса орбиты и периода обращения спутника Юпитера.

Почему для определения радиуса орбиты спутника планеты требуется три раза определить его положение?

Как можно по другому определить радиус орбиты спутника, и почему это труднее сделать другим способом?

Приведите решение математической задачи определения радиуса орбиты по трем наблюдениям.

Почему можно проводить наблюдения на Земле в радиодиапазоне, но нельзя проводить в гамма диапазоне?

Почему есть наземные радиотелескопы и нет наземных гамма телескопов?

К какому типу телескопов относится орбитальная обсерватория Чандра? В каком диапазоне проводятся наблюдения на этой обсерватории? На какой максимальной частоте проводятся наблюдения и к какому диапазону это относится?

Какие объекты являются яркими источниками рентгеновского излучения?

Как их наблюдают с Земли или с помощью орбитальных рентгеновских телескопов?

Какие объекты являются мощными источниками гамма излучения?

На каких самых длинных волнах ведутся наблюдения радиотелескопами?  
На каких минимальных частотах ведутся наблюдения радиотелескопами?  
Какие элементы принято выделять, когда говорят о строении Галактики в целом?  
Что можно сказать о возрасте населений разных подсистем? С чем связан факт плоского расположения рассеянных скоплений и сферического расположения шаровых?  
Учитывая механизм образования планетарных туманностей и возраст каталога Дрейера, объясните, почему планетарные туманности образуют плоскую подсистему.  
На каких принципах основана гарвардская классификация спектров звезд?  
Когда начался 24 цикл солнечной активности? Какой цикл идет в настоящее время, в 2015 году?  
Перечислите виды спектров.  
Что называют абсолютно черным телом?  
Объясните распределение интенсивности излучения по длинам волн в спектре Солнца.  
Каким образом можно определить температуру нагретого тела? Объясните различие механизмов возникновения широких и узких линий поглощения в спектре Солнца.  
Какая основная идея заложена в основу модели стационарной звезды?  
Объясните понятие адекватности модели.  
Каковы причины распада рассеянных звездных скоплений и ассоциаций?  
Почему шаровые звездные скопления устойчивы и имеют большой возраст?  
Достаточно ли анализа собственных движений звезд для вывода о принадлежности или непринадлежности звезд одному скоплению или ассоциации?  
Типы кратных звездных систем.  
Характеристики затменно-переменных и спектрально-двойных звездных систем.  
Что называется космологическим красным смещением? В чем состоит эффект Доплера?

### **Темы эссе**

1. Общие свойства звезд
2. Двойные и переменные звезды
3. Компактные звезды
4. Эволюция звезд

5. Солнце как ближайшая звезда
6. Планетные системы
7. Галактика
8. Галактики и скопления галактик
9. Элементы космологии

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации содержит контрольные вопросы и практические задания в виде задач выносимые для оценивания окончательных результатов обучения по дисциплине.

**Вопросы и примеры типовых практических заданий, выносимые на зачет в 8м семестре по дисциплине «Астрофизика»** для направления подготовки: 03.03.02 Физика, профиль "Фундаментальная физика" (промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам успешного выполнения заданий лабораторных работ с учетом активности студента на практических занятиях и посещения лекций)

1. Место астрофизики в системе астрономических знаний, ее становление и развитие. Пространственно-временные масштабы в астрофизике.
2. Понятия интенсивности (поверхностной яркости), потока и плотности излучения. Тепловое излучение.
3. Локальное термодинамическое равновесие. Температура астрофизических источников, определяемая по их излучению.
4. Механизмы генерации нетеплового излучения. Коэффициенты излучения и поглощения.
5. Оптическая толща. Уравнение переноса излучения и его решения для простейших случаев.
6. Системы и характеристики оптических телескопов. Приемники излучения видимого диапазона.
7. Эффективность телескопа. Проблема улучшения углового разрешения. Спекл-интерферометрия. Активная и адаптивная оптика.
8. Поляризационные и фотометрические наблюдения. Закон Погсона.
9. Формирование непрерывного спектра и спектральных линий в астрофизических условиях. Спектральные наблюдения.
10. Радиотелескопы. Радиоинтерферометры. Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой (РСДБ). Метод апертурного синтеза.

11. Пропускание излучения земной атмосферой. Внеатмосферная астрофизика.
12. Гравитационно-волновые и нейтринные телескопы.
13. Общие характеристики и спектральная классификация звезд. Диаграмма Герцшпрунга–Рессела.
14. Атмосферы звезд. Ядерные реакции как источник звездной энергии.
15. Уравнения равновесия стационарных звезд. Внутреннее строение звезд главной последовательности.
16. Двойные и кратные звезды. Затменные двойные.
17. Определение масс двойных звезд. Соотношения M-L и M-R. Функция масс.
18. Пульсации звезд. Цефеиды. Долгопериодические переменные.
19. Эруптивные и катаклизмические переменные. Новые звезды.
20. Сверхновые звезды. Остатки сверхновых. Гиперновые и гаммавсплески.
21. Наблюдаемые свойства белых карликов. Вырождение вещества. Предел Чандрасекара.
22. Нейтронные звезды. Предел Оппенгеймера-Волкова. Оценки масс нейтронных звезд.
23. Свойства радиопульсаров. Рентгеновские пульсары. Барстеры.
24. Звездные черные дыры. Релятивистские эффекты вблизи черных дыр. Методы обнаружения черных дыр.
25. Эволюция одиночных звезд. Диаграмма цвет-светимость для звездных скоплений.
26. Особенности и стадии эволюции двойных звезд. Приближение Роша и полость Роша.
27. Происхождение химических элементов (до элементов железного пика). Процессы образования тяжелых элементов в природе.
28. Общие характеристики Солнца. Особенности фотосферы, хромосферы и короны, солнечный ветер.
29. Внутреннее строение Солнца. Проблема солнечных нейтрино. Гелиосейсмология.
30. Активные образования и области на Солнце. Цикл солнечной активности.
31. Солнечная планетная система и ее образование.
32. Протопланетные диски. Методы обнаружения планет вокруг звезд. Статистические зависимости экзопланет.
33. Звездный состав и звездные скопления нашей Галактики, ее вращение и масса.

34. Основные составляющие и проявления межзвездной среды. Космические лучи и магнитное поле Галактики.
35. Диффузные туманности. Излучение туманностей в запрещенных линиях. Рекомбинационное излучение.
36. Физическое состояние межзвездного газа: области HI, HII, H2, ГМО, горячий газ, мазерные источники.
37. Механизмы нагрева и охлаждения межзвездного газа. Тепловая неустойчивость межзвездной среды.
38. Подсистемы, спиральные ветви и центральная область Галактики, ее эволюция.
39. Основные характеристики и структура галактик. Физическая природа спиральной структуры.
40. Движение газа и звезд в галактиках. Проблема темного гало.
41. Звздообразование в галактиках и их эволюция. Особенности эволюции галактик в скоплениях.
42. Типы и структура активных ядер галактик, принципы определения их параметров. Модели активных ядер.
43. Группы и скопления галактик. Методы оценки масс скоплений, гравитационное линзирование.
44. Крупномасштабное распределение галактик. Метагалактика. Красное смещение. Закон Хаббла.
45. Парадоксы ньютоновской космологии. Релятивистские однородные и изотропные космологические модели.
46. Большой взрыв и физические процессы в горячей Вселенной. Реликтовое излучение.
47. Трудности классической космологии. Модель инфляционной Вселенной.
48. Темная энергия. Космологические модели и данные наблюдений. Метавселенная.

### **Задача №1**

Исходя из того факта, что с высоты человеческого роста (1,8 м) предметы на поверхности моря видны максимум на расстоянии 5 км, а также исходя из предположения, что Земля — шар, рассчитать радиус Земли.

### **Задача №2**

Суточный параллакс далекого транснептунового тела (из пояса Койпера) составил 0,22". Оцените расстояние до этого тела, пренебрегая движением Земли по орбите.

### **Задача №3**

Третий закон Кеплера утверждает, что при обращении тел под действием силы тяготения для любых систем отношение квадрата периода обращения по орбите к кубу большой полуоси орбиты одинаково.

### **Задача №4**

На основании закона Кеплера, зная расстояние Земли от Солнца определить орбитальный период обращения тела из предыдущей задачи.

### **Задача №5**

Исходя из значения астрометрической точности в определении геометрического параллакса  $0,001''$ , определить максимальное расстояние до удаленных звезд, определяемое надежно.

### **Задача №6**

Приняв за среднюю концентрацию звезд значение в окрестностях Солнца (вокруг Солнца в радиусе 5 пк находятся 50 звезд), оценить число звезд, расстояние до которых может быть определено надежно.

### **Задача №7**

Третий закон Кеплера был уточнен Ньютоном на основании закона всемирного тяготения. Определить массу Солнца. Массу Земли принять равной  $6 \cdot 10^{24}$  кг.

### **Задача №8**

Массы Земли и Луны относятся как 81:1, расстояние между их центрами равно 382420 км. Где расположен их общий центр тяжести?

### **Задача №9**

Два космических тела имеют массы  $m_1$  и  $m_2$ , их взаимное расстояние равно  $r$ . В какой точке прямой, соединяющей их центры какое-либо тело будет ими притягиваться с одинаковой силой? Найти эту точку в системе Земля–Луна (расстояние между центрами 60 радиусов Земли).

### **Задача №10**

Вычислить массу Нептуна относительно массы Земли, зная, что его естественный спутник отстоит от центра планеты на 354 тыс. км и период его обращения равен 5 суткам и 21 часу.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом, – в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Засов, А. В. Общая астрофизика [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физический фак., Гос. астрономический ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино : Век 2 , 2006. - 493 с.

2. Мурзин, В.С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие / В.С. Мурзин. - Москва : Логос, 2007. - 489 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-98704-171-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84789> 3. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн.1. Астрофизика [Электронный ресурс] : монография — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2014. — 452 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59705>. — Загл. с экрана.

## 5.2 Дополнительная литература:

1. Ульмшнайдер, Петер. Разумная жизнь во вселенной [Текст] / П. Ульмшнайдер ; пер. с англ. Д. А. Беляева, А. Н. Востриковой, А. Ю. Иванова. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 343 с.
2. Гусейханов, М.К. Основы астрономии [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 152 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93767>. — Загл. с экрана.
3. Бескин, В.С. Гравитация и астрофизика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 158 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2114>. — Загл. с экрана.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электроннобиблиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

## 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Лабораторные работы по астрофизике для студентов 4 курса физикотехнического факультета КубГУ по направлению "физика" <http://moodle.kubsu.ru/course/view.php?id=387>
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>
3. Электронная библиотека ЮРАЙТ: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)

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

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ.

Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов (рекомендации размещены в электронной информационно-образовательной среде Модульного Динамического Обучения КубГУ – раздел «Астрофизика» <http://moodle.kubsu.ru>). Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению с учетом рекомендаций преподавателя в виде плана самостоятельной работы студента. Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступать к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем. Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Необходимо изучить список рекомендованной основной и дополнительной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления. Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения. Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке. При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

К лабораторным работам следует подготовиться предварительно, ознакомившись с краткой но специфической теорией размещенной в Среде Модульного Динамического Обучения КубГУ <http://moodle.kubsu.ru>, пароль записи доступа в раздел дисциплины «Астрофизика» выдаётся на первом занятии. Рекомендуется ознакомиться заранее и с методическими рекомендациями по проведению соответствующей лабораторной работы, и в случае необходимости провести предварительные расчёты и приготовления.

Непосредственная подготовка к зачету осуществляется по вопросам, представленным в данной учебной программе дисциплины и задачам. Тщательно изучите формулировку каждого вопроса, вникните в его суть, составьте план ответа, так как зачет сдаётся в устной форме в ходе диалога преподавателя со студентом.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены индивидуальные консультации (в том числе через email, Skype или viber), так как большое значение имеет консультации. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению

воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Рекомендуется следующий график самостоятельной работы студентов по учебным неделям каждого семестра:

**Рекомендуемый график самостоятельной работы студентов в 7-м семестре  
по дисциплине «Астрофизика»**

№	Наименование раздела	Содержание самостоятельной работы	Примерный бюджет времени на выполнение уч. час. (СРС)	Сроки выполнения задания (номер учебной недели семестра)	Форма отчетности по заданию	Форма контроля
1.	Введение	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	1	Экзамен/ПЗ	устный опрос
2.	Излучение и распространение электромагнитных волн в космической среде	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	2-3	Экзамен/ПЗ	устный опрос
		Подготовка к ЛР	1	2-3	ЛР/экзамен	устный опрос
3.	Инструменты и методы астрофизики	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	4-5	Экзамен/ПЗ	устный опрос
		Подготовка к ЛР	1	4	ЛР/экзамен	устный опрос/ПЗ
4.	Общие свойства звезд	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	5-6	Экзамен/ПЗ	устный опрос/ПЗ
		Подготовка к ЛР	1	5	ЛР/экзамен	устный опрос
5.	Двойные и переменные звезды	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	6-7	Экзамен/ПЗ	устный опрос

		Подготовка к ЛР	1	6	ЛР/экзамен	устный опрос/ПЗ
6.	Компактные звезды	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка	2	8	Экзамен/ПЗ	устный опрос
№	Наименование раздела	Содержание самостоятельной работы	Примерный бюджет времени на выполнение уч. час. (СРС)	Сроки выполнения задания (номер учебной недели семестра)	Форма отчетности по заданию	Форма контроля
		к промежуточной аттестации				
7.	Эволюция звезд	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	8-9	Экзамен/ПЗ	устный опрос/ПЗ
8.	Солнце как ближайшая звезда	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	10-11	Экзамен/ПЗ	устный опрос/ПЗ
		Подготовка к ЛР	1	10	ЛР/экзамен	устный опрос
9.	Планетные системы	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	12-13	Экзамен/ПЗ	устный опрос
		Подготовка к ЛР	1	12	ЛР/экзамен	устный опрос
10.	Галактика	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	13	Экзамен/ПЗ	устный опрос/ПЗ
		Подготовка к ЛР	1	13	ЛР/экзамен	устный опрос

11.	Галактики и скопления галактик	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	14-15	Экзамен/ПЗ	устный опрос
		Подготовка к ЛР	2	14-15	ЛР/экзамен	устный опрос
12.	Элементы космологии	Проработка учебного (теоретического материала) подготовка к промежуточной аттестации	2	15	Экзамен/ПЗ	устный опрос/ПЗ
		ИТОГО	33			

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

При осуществлении образовательной деятельности по настоящей программе используется электронная информационно-образовательная среда Модульного Динамического Обучения КубГУ в разделе которой <http://moodle.kubsu.ru> «Астрофизика» располагаются учебно-методические материалы: рекомендации по самостоятельной работе студента, требования к освоению данной учебной программы, теоретические и методические описания и задания к проведению лабораторных работ. Среда собирает статистику по времени активности аккаунта каждого студента при работе с размещённым материалом.

Проведение части лекций предусматривает использование демонстрационных мультимедийных материалов с использованием проектора.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения**

Так как для самостоятельной работы обучающихся предполагается доступ в электронную информационно-образовательную среду организации и сеть Интернет, то общие требования к помещениям для самостоятельной работы обучающихся вполне достаточно.

Для реализации настоящей программы требуется:

1. Операционная система Microsoft семейства Windows (7/8/10), в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.
4. Программное обеспечение для выполнения астрометрических измерений Astrometrica.
5. Программное обеспечение для выполнения фотометрических измерений MaxIm DL.

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО) для воспроизведения файлов формата jpg и avi. Достаточным количеством посадочных мест: № 205СА
2.	Практические занятия	Аудитория оснащенная тремя меловыми или маркерными досками, достаточным количеством посадочных мест со столами: № 205СА
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в астрофизической оптической обсерватории КубГУ в составе: 508-мм телескоп системы Ричи-Кретьена, 356-мм телескоп оптический системы Ньютона, 305-мм телескоп системы ШмидтаКассегрена, 200-мм телескоп «Скай Вотчер», спектрометр учебный астрофизический с ПЗС-камерой, камера астрономическая цифровая с набором фильтров DSI, аппаратура определения времени, и компьютерный класс
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение с достаточным количеством посадочных мест и меловой или маркерной доской: №209С
6.	Промежуточная аттестация	Помещение с достаточным количеством посадочных мест: №209С
7.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационнообразовательную среду университета: № 209с