

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА АСТРОФИЗИКИ И ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ**

**УТВЕРЖДАЮ**

**\_\_\_\_\_ / /  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины:

**ОБЩАЯ АСТРОФИЗИКА**

---

Уровень высшего образования:  
**Специалитет**

---

Специальность:

**03.05.01 Астрономия**

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Общая специальность

---

Форма обучения:

**Очная**

---

Москва 20\_\_

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 «Астрономия», утвержденным приказом МГУ от 30.12.2020 г. № 1381.

Год (годы) приема на обучение\_\_\_\_\_

:

**Авторы–составители:**

1. Д.ф.-м.н. профессор, Засов Анатолий Владимирович, кафедра астрофизики и звездной астрономии
2. Д.ф.-м.н. профессор Постнов Константин Александрович, кафедра астрофизики и звездной астрономии

Заведующий кафедрой астрофизики и звездной астрономии  
Д.ф.-м.н., профессор Постнов Константин Александрович

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины**

Дисциплина «Общая астрофизика» относится к общим астрономическим курсам. Она включает знакомство с методами и результатами исследования астрофизических источников, знакомство с нерешенными научными проблемами. Предполагается иллюстрация применения фундаментальных законов физики для объяснения процессов в астрофизических объектах, знакомство с методами исследования различных астрофизических сред, умение производить простейшие численные оценки, связывающие важнейшие параметры наблюдаемых космических источников излучения различной природы. В результате освоения дисциплины «Общая астрофизика» студенты должны приобрести базовые знания о современном состоянии астрофизических исследований и о связи этих исследований с решением смежных проблем астрономии и физики.

Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 и 6 семестрах и является обязательной для освоения обучающимися.

Объем дисциплины составляет 4 з.е., в том числе 105 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 39 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) – зачет в 5 семестре, экзамен в 6 семестре.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Общая астрофизика» относится к базовой части и является обязательной для освоения на астрономическом отделении.

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия**

Освоение курса «Общая астрономия» и физических дисциплин, читавшихся на первых двух курсах физического факультета

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников**

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</b>
		<p><b>Знать:</b> Типы космических объектов, наблюдаемых в различных областях спектра - от гамма-лучей до радиоволн; интервалы плотностей и температур различных объектов и сред; механизмы излучения и формирования непрерывного, эмиссионного и абсорбционного спектров космических объектов; различные наблюдаемые состояния межзвездного газа (области НI, НII, «корональный» газ, молекулярные облака, мазерные источники); физические механизмы нагрева и остывания разреженных сред и источники нагрева межзвездного газа; роль магнитного поля в эволюции межзвездной среды и в нестационарных процессах, происходящих в солнечной системе; знать существующие представления о формировании космических тел (планет, звезд, галактик) и их эволюции; знать наблюдательные основы концепции расширяющейся Вселенной и современной космологии.</p>

		<p><b>Уметь:</b> Производить оценки физических параметров космических объектов на основе наблюдательных данных с учетом расстояния до них. Решать задачи по темам занятий, в соответствии с программой курса. Уметь рассчитывать размеры, массу и другие характеристики астрономических объектов с использованием данных, полученных из наблюдений. Уметь объяснять с физической точки зрения природу и наблюдаемые особенности космических объектов.</p> <p><b>Владеть/Иметь опыт:</b> Владеть методами расчета основных физических параметров, характеризующих свойства космических объектов и сред. Иметь опыт поиска необходимой информации в открытых базах данных.</p>
--	--	--

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 з.е., в том числе: 105 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 39 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

*Контактная работа включает в себя:*

*занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях, обучающимся), и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях (в том числе индивидуальные консультации);...*

*В конце данного пункта следует отметить, если дисциплина или часть ее реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)*

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе					Форма текущего контроля успеваемости, наименование		
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы <sup>1</sup>				Всего			
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа						
Семинары			Лабораторные занятия*	Практические занятия*	Всего				
Тема 1 . Излучение и поглощение электромагнитных волн в космической среде. Основные понятия. Поток и интенсивность излучения. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка и ее предельные случаи. Эффективная и яркостная	12	6	4			2	Проверочная работа		

<sup>1</sup>Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

температуры. Понятие полного и локального термодинамического равновесия. Коэффициент излучения. Коэффициент поглощения и оптическая толщина. Томсоновское рассеяние. Уравнение переноса при наличии излучения и поглощения, простейшие решения. Образование спектральных линий при ЛТР. Примеры спектров различных космических объектов							
<b>Тема 2. Межзвездная среда и звездообразование</b> Основные составляющие и наблюдаемые проявления МЗС. Прозрачность МЗС для различных длин волн. Физические особенности разреженной МЗС. Запрещенные линии.	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>4</b>			<b>4</b>	

<p>Излучение нейтрального водорода 21 см. Магнитные поля в МЗС.</p> <p>Вмороженность магнитного поля в МЗС. Космические лучи. Синхротронное излучение релятивистских электронов. Методы диагностики плазмы МЗС: мера дисперсии и мера вращения.</p> <p>Механизмы объемного нагрева и охлаждения МЗС и тепловая неустойчивость.</p> <p>Ионизованный водород и зоны НII.</p> <p>Горячий (корональный) газ.</p> <p>Молекулярные облака.</p> <p>Гравитационная неустойчивость и формирование звезд.</p> <p>Влияние вращение и магнитного поля на сжатие протозвездных облаков. Области звездообразования в Галактике, и космические мазеры</p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

<p><b>Тема 3. Физика стационарных звезд</b>          Общие характеристики звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела. Стационарные звезды. Уравнение гидростатического равновесия. Теорема вириала для невырожденных звезд. Отрицательная теплоемкость звезд и её физическая интерпретация. Тепловая устойчивость звёзд. Ядерные реакции в звёздах: водородный и СНО-циклы. Происхождение химических элементов. Лучистая теплопроводность. Конвекция. Уравнения внутреннего строения звезд главной последовательности. Эддингтоновский предел светимости. Соотношения масса-светимость и масса-радиус для звезд главной</p>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>4</b>				<b>4</b>	<i>Опрос</i>
---	-----------	-----------	----------	--	--	--	----------	--------------

последовательности. Атмосферы звезд. Образование спектральных линий. Спектральная классификация звезд. Формирование непрерывного спектра. Особенности спектров звезд различных спектральных классов.							
<b>Тема 4. Физика Солнца</b> Общие характеристики. Масса, радиус, спектральный класс. Физические параметры и особенности фотосферы, хромосферы и короны Солнца. Многоволновые наблюдения. Солнечные пятна. Активность Солнца. Солнечные циклы. Хромосферная активность. Солнечные вспышки и их физическая причина. Солнечный ветер. Солнечно-земные связи.	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			<b>2</b>	

Гелиосейсмология и её основные результаты. Внутренне строение и химический состав Солнца. Проблема солнечных нейтрино и ей современное решение							
<b>Тема 5. Физика солнечной системы</b> Планеты и малые тела в Солнечной системе. Основные физические характеристики и методы изучения тел Солнечной системы. Межпланетная среда. Гелиосфера. Модели образования планетной системы. Методы обнаружения и наблюдательные особенности экзопланет	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			-	
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>6</b>					<b>6</b>	<i>Зачет в устной форме</i>
<b>Тема 6.</b> <i>Нестационарные звезды и взрывы звезд</i> Потеря массы звездами главной последовательности. Звездный ветер у звезд разных спектральных	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>8</b>			<b>2</b>	

<p>классов. Методы определения физических параметров звездного ветра .Профили спектральных линий типа Р Сyg. Переменные звезды. Пульсации звезд. Цефеиды. Зависимость период-светимость. Новые звезды. Вспышки сверхновых и их наблюдательная классификация. Физические механизмы взрывов. Гиперновые и гамма-всплески. Термоядерные сверхновые типа Ia. Ярчайшие сверхновые. Остатки сверхновых и их взаимодействие с межзвездной средой.</p>		
<p><b>Тема 7. Эволюция звезд и конечные стадии эволюции.</b> Эволюция звезд после главной последовательности. Горение гелия и образование С-О ядра. .. Вырождение в</p>	<p><b>16</b></p>	<p><b>4</b></p> <p><b>8</b></p> <p><b>4</b></p> <p><i>Проверочная работа, опрос</i></p>

<p>гелиевых и С-О ядрах.          .Давление          вырожденного газа в          предельных случаях          (нерелятивистский и          ультрарелятивистский).          Слоевые источники.          Стадия красных          гигантов.          Асимптотическая ветвь          гигантов. Сброс          планетарной          туманности. Белые          карлики. Эволюция          массивных звезд до          образования железного          ядра. Звезды Вольфа-          Райе. Роль нейтрино в          эволюции массивных          звезд. Физические          причины потери          устойчивости          железных ядер. УРКА-          процессы в звездах.          Нейтронизация,          фотодиссоциация          железа, эффекты ОТО.          Гравитационный          коллапс.. Образование          нейтронных звезд (НЗ).          Одиночные НЗ.          Внутреннее строение          НЗ. Методы          определения масс,</p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

радиусов и напряженностей магнитных полей НЗ.							
<b>Тема 8. Двойные звезды и ТДС</b> Особенности эволюции звезд в двойных системах. Приближение Роша и полость Роша. Обмен массами в тесных двойных системах. Парадокс Алголя и его разрешение. Наблюдательные проявления эволюции ТДС. Стадии эволюции ТДС. Белые карлики в двойных системах, Катализмические переменные и новые звезды. Нейтронные звезды и черные дыры в ТДС. Эволюция ТДС. Массивные и маломассивные рентгеновские ТДС. Рентгеновские пульсары. Рентгеновские барстеры. Рентгеновские новые	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>6</b>			<b>4</b>	

<p><b>Тема 9. Элементы физики галактик</b>          Основные характеристики галактик. Состав и структура галактик различных морфологических типов. Движение газа и звезд . Кривые вращения галактических дисков. Связь кривой вращения с распределением массы в галактике. Проблема темного гало.          Физическая природа спиральной структуры. Содержание газа и звездообразование в галактиках.          Взаимодействие галактик. Активные ядра: наблюдаемые проявления, источник энергии. Газ в скоплениях галактик.          Межгалактическая среда. Лайман-альфа лес. Предельно далекие галактики.          Крупномасштабная структура</p>	<p><b>12</b></p>	<p><b>2</b></p>	<p><b>6</b></p>				<p><b>4</b></p>
---	------------------	-----------------	-----------------	--	--	--	-----------------

<b>Тема 10. Физические основы космологии</b> Расширение Вселенной. Закон Хаббла. Распространение света. Физическая интерпретация красного смещения. Парадокс Ольберса и его разрешение. Ускоренное расширение Вселенной по данным астрономических наблюдений. Космологическая постоянная и темная энергия. Параметры космологических моделей. Гипотеза об инфляционной стадии. Современная космологическая модель и методы её проверки. Численное моделирование образования крупномасштабной структуры. Нерешенные проблемы космологии.	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>6</b>				<b>2</b>	<i>Опрос</i>
<b>Промежуточная аттестация</b>		<b>5</b>					<b>5</b>	<i>Экзамен в устной форме</i>

<i>(указывается форма проведения)</i>			
<b>Итого</b>	<b>144</b>		<b>39</b>

\*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

## **6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

### **Примеры устных вопросов :**

1. Каковы механизмы нагрева и охлаждения межзвездного газа
2. Синхротронное излучение, при каких условиях оно возникает, привести примеры наблюдаемых источников.
3. Что такое мера дисперсии, и в каких источниках она наблюдается?
4. Какова была температура фонового реликтового излучения в эпоху рекомбинации?
5. Где останавливается поток солнечного ветра?

### **Примеры вопросов на промежуточной аттестации:**

1. Диагностика межзвездной плазмы. Мера вращения
2. Конечные стадии эволюции массивных звезд.
3. Фоновое реликтовое излучение: его природа и плотность энергии
4. Отрицательная теплоемкость невырожденных звезд и её физический смысл.
5. Чем отличаются температуры эффективные, яркостные, цветовые, ионизационные? В каком случае они совпадают?

### **Примеры задач:**

- 1 Как изменится параболическая скорость на поверхности белого карлика, возникшего при слиянии двух маломассивных белых карликов одинаковой массы?
- 2 Звездный ветер звезды уносит  $10^{-9}$  Mc/год. При какой светимости звезды (в единицах Солнца) темп потери массы на излучение звезды будет одного порядка с темпом потери за счет звездного ветра?
- 3 Оцените характерный промежуток времени между столкновениями нейтральных атомов водорода в межзвездной среде при температуре 7000 К и плотности  $3.3 \cdot 10^{-24}$  г/см<sup>3</sup>. Эффективное сечение атомов принять  $10^{-16}$  см<sup>2</sup>.
- 4 Пульсар с  $R = 10$  км,  $M = 1$  Mc замедляет вращение на  $10^{-9}$  с/день. Оценить темп падения вращательной энергии в единицах светимости Солнца.
- 5 При каком темпе акреции на звезду с  $M = 5$  Mc выделяемая энергия акрецирующего потока будет соответствовать эддингтоновской светимости?

## **6.2. Шкала и критерии оценивания**

*(шкала и критерии оценивания могут быть типовыми для всех дисциплин (модулей), входящих в ОПОП ВО)*

## **7. Ресурсное обеспечение**

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### *Основная литература.*

А.В.Засов, К.А.Постнов. Общая астрофизика, М., Век-2, 3-е издание, 2015; 4-е издание – ДМК, 2022.

### *Дополнительная литература.*

1. Н.Г.Бочкарев. Основы физики межзвездной среды.. М., «ЛИБРОКОМ», 2015

2. «Многоканальная астрономия», сборник под ред. А.М.Черепашкука. Фрязино, Век-2, 2019.

• Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения \_\_\_\_\_ (*приводится при необходимости*)

• Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем \_\_\_\_\_ (*приводится при необходимости*)

• Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» – *Интернет-ресурсы ГАИШ МГУ*

Учебный материал: <http://www.astronet.ru/db/msg/1170612>

Solar activity monitoring: <http://93.180.27.45/2020/2020.html>

• Описание материально-технической базы

• Курс читается в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски

*(приводится при необходимости)*

**8. Язык преподавания:** русский (*при работе с англоязычной группой курс может быть прочитан на английском языке.*)

(отдельно укажите, если дисциплина может быть реализована на иностранном языке).