Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
филиал МГУ в г. Севастополе
факультет естественных наук
кафедра физики и геофизики

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
О.А. Шпырко
«23» 09 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Наименование дисциплины (модуля):

Б-ОПД Астрофизика

код и наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:
специалитет

Направление подготовки:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП:

общий

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения:
очная
очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры физики и геофизики
протокол №5 от «19» июня 2026 г.
Заведующий кафедрой
_____(К.В. Показеев)
(подпись)

Рабочая программа одобрена
Методическим советом
Филиала МГУ в г. Севастополе
Протокол №1 от «22» сентября 2026 г.
_____(Л.И. Теплова)
(подпись)

Севастополь, 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1780 (в редакции приказа МГУ от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404), приказами об утверждении изменений в ОС МГУ от 29 мая 2023 года №700, от 29 мая 2023 года, № 702, от 29 мая 2023 года № 703

Год (годы) приема на обучение: с 2020

курс – 3

семестры – 5

зачетных единиц – 2

академических часов – 72, в т.ч.

лекций – 54 ак. ч.

практических занятий – 18 ак. ч.

Форма промежуточной аттестации:

зачет в 5 семестре

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.

Дисциплина «Астрофизика» входит в вариативную часть профессионального цикла ОС МГУ по направлению подготовки 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика» (специалитет). Она логически, содержательно и методически базируется на следующих дисциплинах, изучаемых в университете: «Механика», «Молекулярная физика», связана с курсами «Физика ядра и частиц», «Введение в квантовую физику», «Квантовая теория», «Методы математической физики». Математической основой являются курсы «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Математический анализ», а также элементарные знания по химии, биологии, географии и астрономии, полученные в процессе обучения в средней общеобразовательной школе.

Для успешного освоения дисциплины «Астрофизика» студент должен обладать знаниями, полученными в первом семестре обучения в университете, а также основами знаний, полученных им в средней общеобразовательной школе по указанным предметам.

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

Успешное освоение дисциплин 1 семестра.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

- основные термины, определения и символы, применяемые в астрофизике;
- основные этапы развития астрофизики;
- современные представления о строении Галактики и Метагалактики, основных моделях эволюции звёзд и Вселенной;
- фундаментальные свойства Метагалактики;
- общие сведения о звёздах и межзвёздной среде, их физические характеристики, структурность Вселенной;
- основы современных теорий строения и эволюции небесных тел и их систем;
- спектральные классы звёзд, физику и эволюцию звёзд;
- виды излучений космических объектов и сред, механизмы генерации космических излучений;
- состав и происхождение солнечной системы, основные характеристики Солнца;
- внутреннее строение, поверхность, атмосферу, химический состав и магнитное поле планет группы Земли и группы Юпитера;
- физические законы, лежащие в основе современных методов исследований Мегамира, и физическую сущность этих методов;
- принципы работы и назначение инструментов практической астрофизики.

Уметь:

- мыслить астрофизическими категориями;
- выявлять причинно-следственные связи между астрофизическими явлениями;
- применять знания об основных понятиях, концепциях, теориях, закономерностях в отношении к конкретным космическим объектам;
- пользоваться современными знаниями физических закономерностей для объяснения вопросов строения, происхождения и эволюции звёзд и Вселенной, их структуры;
- овладевать приёмами применения полученных знаний для объяснения явлений окружающего мира;

– работать с естественнонаучной информацией, содержащейся в сообщениях СМИ, ресурсах Интернета, научно-популярных статьях: владеть методами поиска, выделять смысловую основу и аргументировано оценивать достоверность информации в области астрофизики;

– объяснять наблюдаемые астрономические явления с точки зрения современных представлений о физической картине мира, строении и эволюции Вселенной, интерпретировать их и сопоставлять с теоретическими положениями.

Владеть:

– основными математическими методами обработки астрофизических данных и результатов наблюдений.

Иметь опыт:

– поиска информации о новейших проблемах космологии: проблеме сингулярного состояния в прошлом, гравитационной неустойчивости и образования галактик, проблеме тёмной материи и др.;

– определения координат небесных светил и времени астрономических событий с применением расчётов и использованием подвижной карты звёздного неба;

4. Формат обучения – контактный.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з. е., в том числе 54 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), без академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

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

6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*			
Раздел 1. Понятие об астрофизике и астрофизических методах наблюдения					
Понятие об астрофизике	Консультации, 1	-	-	3	-
Физические основы астрофизических методов наблюдений	Консультации, 1	-	-	3	-
Раздел 2. Межзвёздная среда					
Физика межзвёздной среды	Консультации, 1	-	-	3	-
Раздел 3. Теория внутреннего строения звёзд					
Общие сведения о звёздах	Консультации, 2	-	-	4	Контрольная работа
Уравнения равновесия звезды	Консультации, 1	-	-	2	-
Процессы переноса излучения внутри звёзд	Консультации, 1	-	-	2	-
Модель внутреннего строения звезды	Консультации, 1	-	-	2	-
Эволюция звёзд	Консультации, 2	-	-	2	-
Раздел 4. Атмосферы звёзд					
Спектры звёзд	Консультации, 1	-	-	2	Контрольная работа
Лучистое равновесие звёздных фотосфер	Консультации, 1	-	-	2	-
Излучение и поглощение в непрерывном спектре	Консультации, 1	-	-	2	-
Линии поглощения в спектрах звёзд	Консультации, 1	-	-	2	-
Раздел 5. Избранные вопросы астрофизики					

Магнитные поля в космосе	Консультации, 1	-	-	2	Контрольная работа
Чёрные дыры в ядрах галактик	Консультации, 1	-	-	2	-
Нейтринное излучение солнца	Консультации, 1	-	-	2	-
Раздел 6. Солнечная система					
Состав и происхождение солнечной системы	Консультации, 3	-	-	5	Контрольная работа
Солнце как ближайшая звезда	Консультации, 2	-	-	4	-
Солнце и его влияние на Землю	Консультации, 2	-	-	4	-
Физические свойства планет солнечной системы	Консультации, 3	-	-	5	-
Заключение	Консультации, 1	-	-	2	-
Виды Галактик	Консультации, 2	-	-	4	Контрольная работа
Фундаментальные свойства Метагалактик	Консультации, 3	-	-	5	-
Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например, курсовая работа, творческая работа (эссе)	-	-	-	-	-
Промежуточная аттестация *(зачет)*	-	6	-		Промежуточная аттестация *(зачет)*
Итого	54	18	-	**Итого**	72

6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	**Понятие об астрофизике.**	Предмет, задачи и структуры дисциплины. Понятие об астрофизике. Астрономические символы и единицы измерения. Методы и единицы измерения времени, расстояний (длины),

		массы, напряжённости магнитного поля гамма. Астрономическая единица длины. Понятие параллакса (в астрономии) и парсека. Световой год и световая секунда. Астрономические координаты. Орбита и её элементы. Состояние вещества во Вселенной.
2.	**Физические основы астрофизических методов наблюдений**.	Основные задачи наблюдательной астрономии. Пропускание света земной атмосферой. «Точечные» и «протяженные» источники. Приборы и методы астрофизических исследований в различных областях электромагнитного спектра. Оптические наблюдения: оптические телескопы, их основные типы и характеристики; приемники излучения (детекторы оптического излучения); видимый диапазон; проблема улучшения углового разрешения телескопа; физические ограничения на точность фотометрических измерений; спектральные наблюдения. Радиоастрономические наблюдения: радиотелескопы; радиоинтерферометры, метод апертурного синтеза. Рентгеновские телескопы и детекторы. Поляризационные наблюдения.
3.	**Физика межзвёздной среды**.	Основные составляющие и проявления. Межзвёздная среда: межзвёздные пыль и газ, газопылевые комплексы, космические лучи, галактическая корона и магнитное поле Галактики. Пропускание света межзвёздной средой. Физические особенности разреженной космической плазмы: запрещённые линии; излучение нейтрального водорода; вмороженность магнитного поля. Объёмный нагрев и охлаждение межзвёздной среды: основные механизмы нагрева газа; основные механизмы охлаждения. Тепловая неустойчивость межзвёздной среды. Ионизированный водород и зоны HI, HII. Горячий, или «корональный» газ. Молекулярные облака, звёздообразование и мазеры. Космические лучи и синхротронное излучение: проблема происхождения и ускорения космических лучей сверхвысоких энергий. Другие методы диагностирования космической плазмы.
4.	**Общие сведения о звёздах**.	Классификация звёзд. Звёздные величины. Абсолютная звёздная величина и светимость звёзд. Классы светимо-

		сти. Цвет звёзд. Методы определения расстояний до звёзд и их светимостей. Модуль расстояния. Размеры звёзд, их масса и температура. Температурная шкала. Функции массы и светимости.
5.	**Уравнения равновесия звезды**.	Основная задача теории. Уравнение гравитационного равновесия. Уравнение энергетического равновесия. Источники энергии излучения звезд.
6.	**Процессы переноса излучения внутри звезд**.	Характеристики поля излучения: интенсивность, поток, плотность. Уравнение переноса излучения для сферически-симметричной модели. Лучистое равновесие внутри звезды (решение уравнения переноса). Звезда, как саморегулирующаяся система. Конвективный перенос энергии; критерий Шварцшильда. Уравнение конвективного переноса энергии.
7.	**Модель внутреннего строения звезды**.	Давление и средний молекулярный вес. Генерация энергии. Непрозрачность вещества. Граничные условия. Теорема Фогта-Рессела. Модель современного Солнца.
8.	**Эволюция звёзд**.	Происхождение и эволюция звёзд. Эволюция звёзд после выгорания водорода. Вырождение вещества. Предел Чандрасекара и фундаментальная масса звезды. Вырождение вещества в центре у звёзд различных масс. Роль потери массы в эволюции звезды: звёздный ветер на главной последовательности; звёздный ветер после главной последовательности. Асимптотическая ветвь гигантов и образование планетарных туманностей. Эволюция одиночных звёзд после главной последовательности: краткий итог. Пульсации звезд. Цефеиды. Процессы образования тяжёлых элементов в природе.
9.	**Спектры звёзд**.	Атмосферы звёзд: гарвардская спектральная классификация звёзд и спектральные классы; непрерывный спектр; образование спектральных линий; эмиссионные линии в спектрах звёзд. Спектры нормальных звёзд. Диаграмма спектр-светимость Герцшпрунга-Рессела. Определение размеров и массы звёзд.
10.	**Лучистое равновесие звёздных фотосфер**.	Задача теории фотосфер. Состояние лучистого равновесия. Уравнение переноса излучения. Уравнение лучистого равновесия. Теория фотосфер при коэффициенте поглощения, не

		зависящем от частоты ($\alpha\nu = \alpha$). Приближенное решение уравнений. Метод Шварцшильда-Шустера. Распределение яркости по диску звезды.
11.	**Излучение и поглощение в непрерывном спектре**.	Локальное термодинамическое равновесие. Механизмы поглощения и излучения в непрерывном спектре. Поглощение атомами водорода. Поглощение в звездах различных спектральных классов. Модели звездных фотосфер и наблюдаемые следствия теории.
12.	**Линии поглощения в спектрах звёзд**.	Механизмы образования спектральных линий. Коэффициенты Эйнштейна. (Квантовая теория излучения). Естественная ширина спектральных линий. Физические механизмы уширения. Эффект Доплера. Химический состав звёздных атмосфер.
13.	**Магнитные поля в космосе**.	Магнитное поле Земли. Общее магнитное поле Солнца. Измерения магнитных полей. Магнитное поле Галактики. Магнитное поле Вселенной.
14.	**Чёрные дыры в ядрах галактик**.	Свойства ядер галактик. Определение масс ядер галактик. Определение массы ядра нашей Галактики. Новейшие наблюдения.
15.	**Нейтринное излучение солнца**.	Нейтрино, идущие от Солнца. Регистрация нейтрино: хлор – аргоновый эксперимент, галлиевый эксперимент, водный детектор. Нейтринные осцилляции и масса нейтрино.
16.	**Состав и происхождение солнечной системы**.	Происхождение и эволюция Солнечной системы. Общие сведения о Солнечной системе и современные методы её исследования. Луна. Движение планет. Искусственные спутники земли и космические аппараты. Планетные системы других звёзд. Данные последних исследований тел Солнечной системы.
17.	**Солнце как ближайшая звезда**.	Основные характеристики солнца как звезды, его спектр и химический состав, солнечная постоянная. Внутреннее строение Солнца. Внешняя атмосфера Солнца: особенности фотосферы, хромосферы и короны. Гелиосейсмология. Грануляция и конвективная зона. Зодиакальный свет и противосияние. Общее магнитное поле Солнца. Измерения магнитных полей. Эволюция Солнца.
18.	**Солнце и его влияние на Землю**.	Радиоизлучение: спокойное и спорадическое. Рентгеновское излучение. Солнечное нейтрино. Проблема сол-

		нечного нейтрино. Регистрация нейтрино: хлор-аргоновый эксперимент, галлиевый эксперимент, водный детектор. Нейтринные осцилляции и масса нейтрино. Активные образования на Солнце и их связь с магнитным полем. Цикл солнечной активности. Индексы солнечной активности. Числа Вольфа. Эволюция солнечных пятен. Солнечно-земные связи. Устойчивость процессов на Солнце.
19.	**Физические свойства планет солнечной системы**.	Солнечная планетная система. Методы обнаружения планет вокруг звёзд. Статистические зависимости экзопланет. Образование планет и их систем: протопланетные диски; образование планет солнечной системы; образование гигантских экзоплавет. Планеты группы Земли. Внутреннее строение, поверхность, атмосфера, химический состав, магнитное поле. Межпланетная среда.
20.	**Виды Галактик**.	Открытие галактик. Классификация галактик и их спектры. Звёздные скопления и наша Галактика. Основные характеристики галактик. Галактики с активными ядрами. Галактический центр. Масса и магнитное поле Галактики. Галактики: типы, расстояния, размеры, физические свойства. Взаимодействующие галактики. Пространственное распределение и эволюция галактик. Квазары.
21.	**Фундаментальные свойства метагалактики**.	Космологический принцип: однородность и изотропность Метагалактики. Классическая космология: нестационарность, критическая плотность, «возраст» Вселенной. Релятивистская космология. Модель «горячей» Вселенной. Большой взрыв и этапы эволюции Вселенной. Закон Хаббла.
22.	**Заключение**.	Современные проблемы астрофизики: тёмная материя и тёмная энергия. Проблема сингулярности. Гравитационные линзы.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Опрос студентов по материалам последней прочитанной лекции, контрольно-самостоятельные работы после завершения изучения каждого раздела.

Форма промежуточного контроля – зачёт (5 семестр). По результатам сдачи зачёта студент получает «зачтено» или «не зачтено».

7.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

- для зачета

Вопросы к зачёту:

1. Устройство и принцип действия современных телескопов.
2. Вспомогательные приборы для телескопических наблюдений: светофильтры, спектральные приборы, фотоэлектрические фотометры, приборы фотоэлектронного изображения, поляриметры, их назначение и принцип действия.
3. Приборы для исследования Солнца, их назначение и принцип действия.
4. Современная астрофотометрия.
5. Радиоастрономия: антенны радиотелескопов. Радиоинтерферометры. Фотометрия космических радиоисточников. Парамагнитные усилители. Их назначение и принцип действия.
6. Инфракрасная астрономия: полупроводниковые болометры. Инфракрасное небо.
7. Ультрафиолетовая астрономия.
8. Рентгеновская и гамма- астрономии.
9. Нейтринная астрономия. Детекторы нейтрино.
10. Состав и происхождение солнечной системы.
11. Видимое движение планет. Синодический и сидерический периоды. Система Коперника.
12. Определение расстояний до тел солнечной системы.
13. Законы движения планет. Движение тел под действием гравитации. Определение массы тел.
14. Орбиты космических аппаратов. Космические исследования.
15. Система Земля – Луна. Орбита Луны. Солнечные и лунные затмения. Прецессия земной оси, вызванная Луной. Приливы и отливы.
16. Внутреннее строение Земли. Дифференциация недр. Сейсмоактивность.
17. Атмосфера и климат Земли. Глобальные циркуляции атмосферы. Парниковый эффект. Озоновые дыры.
18. Малые планеты. Кометы. Метеоры.
19. Шкала звёздных величин. Определение расстояния до звёзд, их размеров, температуры и светимости.
20. Солнце ближайшая к нам звезда. Внутреннее строение Солнца. Фотосфера. Хромосфера и корона.
21. Активность Солнца и его влияние на Землю.
22. Классификация звёзд. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.
23. Физические процессы в звёздах. Протонный и углеродный циклы термоядерных реакций. Проблема солнечных нейтрино.
24. Пульсары.
25. Звёзды, изменяющие светимость. Затменно-переменные звезды. Цефеиды. Новые звезды.
26. Эволюция звёзд. Гравитационный коллапс. Взрыв сверхновой. Чёрные дыры.
27. Состав и структура нашей Галактики.
28. Движение звёзд. Тангенциальная и лучевая скорости звёзд. Вращение Галактики.
29. Межзвёздная среда. Атомарный газ. Молекулярный газ. Межзвёздная пыль. Тёмные туманности.
30. Космические лучи. Межзвёздное магнитное поле.
31. Образование звёзд. Проблема жизни во Вселенной.
32. Типы галактик. Их состав и структура.
33. Определение расстояния до галактик.
34. Галактики с активными ядрами. Квазары.
35. Гравитационное отклонение света.

36. Эффект Доплера.
37. Белые карлики.
38. Нейтронные звезды.
39. Космологические модели Вселенной.
40. Закон Хаббла. Расширяющаяся Вселенная. Тёмная энергия.
41. Модель «горячей» Вселенной. Большой взрыв. Этапы эволюции Вселенной.
42. Реликтовое излучение.

- для зачета

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка / РО и соответствующие виды оценочных средств	Не зачтено	Зачтено		
Знания *(домашние задания)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(контрольные работы)*	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) *(зачет)*	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

– **Перечень основной и дополнительной литературы**.

1. Савельев И.В. Общий курс физики: в 3 т. Т 3 / И.В. Савельев. – М.: Лань, 2019. – 308 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т 2 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 8-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2006. – 536 с.
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики: в 5 т. Т 5 / Д.В. Сивухин. – 2-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2002. – 784 с.

– **Описание материально-технического обеспечения.**

Учебный кабинет №174, (33,21 м ^{2})
Учебных столов – 9 шт., стульев – 19 шт.,
3-х створчатая доска для мела – 1 шт.,
Стол для преподавателя – 1 шт.
Стационарный экран для проектора – 1 шт.
Мультимедийный проектор – Персональный компьютер в комплекте Стол для преподавателя Возможность подключения ноутбука и мультимедийного оборудования, беспроводной доступ в интернет Список ПО на ноутбуках: Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016, Google Chrome, Mozilla Firefox, Adobe Reader DC, VLC Media Player

9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.

10. Язык преподавания русский.

11. Преподаватель (преподаватели).

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики и геофизики Александр Алексеевич Слепышев.

12. Автор (авторы) программы.

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики, руководитель образовательной программы специалитета 03.05.02 «Фундаментальная фи прикладная физика» Андрей Валерьевич Сулимов.