

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Наблюдательная астрофизика
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем физики и астрофизики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

К.П. Зыбин, д-р физ.-мат. наук

Е.В. Кравченко, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем физики и астрофизики 19.02.2025

## Аннотация

Дисциплина посвящена знакомству магистрантов со знаниями в области проведения астрофизических и космических исследований — источникам и механизмам космического излучения, наземным и космическим средствам регистрации сигнала в различных спектральных диапазонах, последним научным открытиям в этих областях.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Освоение студентами фундаментальных знаний в области астрофизики, современных методов наблюдений и оценок ключевых физических параметров космических лабораторий.

#### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области проблем современной астрофизики, на основе общефизической и всеволновой подготовки магистрантов;
- обучение студентов современным прикладным подходам в оценки физических свойств космических объектов;
- знакомство с методами оценки ключевых параметров по данным наблюдений, в том числе планируемыми программами наблюдений.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками,	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)

специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов
--	---

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- методы наблюдений космических объектов;
- основные способы и приборы регистрации космического излучения;
- особенности астрофизических наблюдений в спектральных диапазонах;
- механизмы формирования излучения пульсаров, планет, звезд, мазеров, межзвездной и межгалактической среды, галактик;
- возможности и ограничения современных космических наблюдений и проектирующиеся обсерватории;
- экспериментальные методы оценок физических параметров космических объектов;
- основные понятия астрофизики;
- современные проблемы астрофизики, новейшие открытия и достижения в исследовании Вселенной за последние годы.

уметь:

- применять полученные знания для решения различных задач.

владеть:

- методами экспериментальных исследований физических параметров космических объектов.

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

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Историческое введение, первые астрономические наблюдения, космические объекты и спектральные диапазоны	5			3
2	Инфракрасный и оптические диапазоны	6			3
3	Ультрафиолетовая астрономия	6			3
4	Радиоастрономия	6			3
5	Радиоинтерферометрия. Многоволновые наблюдения, многочастотный синтез, поляриметрия	6			3
6	Рентгеновская и гамма-астрономия	5			3
7	Активные ядра галактик, метод реверберационного эхокартирования	5			3
8	Крупномасштабная структура Вселенной	5			2
9	Релятивистские и гравитационно-волновые эксперименты	6			2
10	Космическая погода	5			2
11	Нейтринная астрофизика	5			3
Итого часов		60			30
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.
--------------------	--------------------

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Историческое введение, первые астрономические наблюдения, космические объекты и спектральные диапазоны

Первые астрономические наблюдения планет, активных ядер, релятивистских струй. Спектральные диапазоны электромагнитного спектра: радио, инфракрасный, оптический, ультрафиолетовый, рентгеновский, гамма и космические лучи и нейтрино.

2. Инфракрасный и оптические диапазоны

Ока прозрачности атмосферы. Спектр Солнца. Диапазоны инфракрасного спектра и тепловое излучение космических объектов.

3. Ультрафиолетовая астрономия

Спектр звезд, планет, межзвездной среды, галактик в ультрафиолетовых лучах.

4. Радиоастрономия

Распространение радио волн в плазме. Циклотронное, синхротронное излучение. Молекулярное мазерное излучение. Излучение в спектральных линиях. Астрохимия.

5. Радиоинтерферометрия. Многоволновые наблюдения, многочастотный синтез, поляриметрия

Апертурный синтез. Радиоинтерферометры со сверх длинными базами, космические антенны. Диаграмма направленности. Функция видности и пространственные частоты. Фарадеевское вращение. Мера дисперсии.

6. Рентгеновская и гамма-астрономия

Рентгеновские пульсары. Аккреция газа на черные дыры.

7. Активные ядра галактик, метод реверберационного эхокартирования

Наблюдения и основные характеристики активных ядер галактик. Методы оценки масс черных дыр. Наблюдения в мм диапазоне. Кольцо и тень от черной дыры.

8. Крупномасштабная структура Вселенной

Галактики и крупномасштабная структура вселенной. Космологические модели. Горячая вселенная и реликтовое излучение. Барионные осцилляции. Темная материя и энергия.

9. Релятивистские и гравитационно-волновые эксперименты

Стандарты времени. Пульсарная шкала времени. ОТО и СТО в космосе. Регистрация гравитационных волн.

10. Космическая погода

Солнечный ветер. Мерцания внегалактических источников на солнечной плазме. События экстремального рассеяния.

## 11. Нейтринная астрофизика

Механизмы генерации нейтрино. Особенности распространения нейтрино в космосе. Источники нейтрино.

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

Стандартная учебная аудитория с доской, проектором.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Общий курс астрономии [Текст], учеб. пособие для вузов /Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В. В. Иванова ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. М., Едиториал УРСС, 2004
2. Общая астрофизика [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / А. В. Засов, К. А. Постнов ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Физический фак., Гос. астроном. ин-т им. П. К. Штернберга .— 2-е изд., испр. и доп. — Фрязино : Век 2, 2011 .— 576 с.
1. Теоретическая физика и астрофизика. Дополнительные главы. Гинзбург В.Л., Едиториал УРСС. Изд. 4, 2020.

### Дополнительная литература

1. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии [Текст], монография/А. Р. Томпсон, Д. М. Моран, Д. У. Свенсон , -М., Физматлит, 2003
2. Радиогалактики и космология [Текст]/О. В. Верхованов, Ю. Н. Парийский, -М., Физматлит, 2009
1. Конспект лекций по курсу «Радиоастрономия». Рудницкий Г.М., 2001.

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

<https://ufn.ru/> Успехи физических наук

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

Стандартная учебная аудитория, компьютер, интернет-соединение.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;

- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем физики и астрофизики
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

К.П. Зыбин, д-р физ.-мат. наук  
Е.В. Кравченко, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Наблюдательная астрофизика» обучающийся должен:

### знать:

- методы наблюдений космических объектов;
- основные способы и приборы регистрации космического излучения;
- особенности астрофизических наблюдений в спектральных диапазонах;
- механизмы формирования излучения пульсаров, планет, звезд, мазеров, межзвездной и межгалактической среды, галактик;
- возможности и ограничения современных космических наблюдений и проектирующиеся обсерватории;
- экспериментальные методы оценок физических параметров космических объектов;
- основные понятия астрофизики;
- современные проблемы астрофизики, новейшие открытия и достижения в исследовании Вселенной за последние годы.

### уметь:

- применять полученные знания для решения различных задач.

### владеть:



- методами экспериментальных исследований физических параметров космических объектов.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень примерных вопросов:

1. Разрешающая способность телескопов разного спектрального диапазона.
2. Физические параметры межзвездной среды.
3. Характерные размеры и особенные области внегалактических струй.
4. Виды молекул и спектральные характеристики.
5. Характерные масштабы и структуры Вселенной.
6. Диапазон генерации и регистрации гравитационных волн.
7. Величины напряженности космических магнитных полей, способы их оценки.
8. Спектральные диапазоны излучения пульсаров разного типа.
9. Спектр и энергия нейтрино сверхвысоких энергий.
10. Диапазон масс и методик оценок сверхмассивных черных дыр.

Примеры билетов:

Билет 1.

1. Виды радиотелескопов. Характерные особенности.
2. Методы определения Фарадеевского вращения из наблюдений.

Билет 2.

1. Структура Вселенной и ее характерные размеры.
2. Реликтовое излучение.

#### **Критерии оценивания**

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет проводится в устной форме по билетам.

В каждом билете представлено два теоретических вопроса.

При проведении зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку.

Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.