

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Астрофизика и радиоастрономия

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.04 Астрофизика и радиоастрономия относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1: Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2: Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	ПК-1.1: Знать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоастрономической аппаратуры и оборудования  ПК-1.2: Знать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоастрономической аппаратуры и оборудования	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области	ПК-2.1: Уметь использовать основные методы радиофизических измерений в области радиоастрономии  ПК-2.2: Уметь использовать основные методы радиофизических измерений в области радиоастрономии  ПК-2.3: Уметь использовать основные методы радиофизических измерений в области радиоастрономии	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

	радиофизики			
ПК-3: Способен обрабатывать, оформлять и представлять результаты исследований и разработок в области радиофизики	ПК-3.1: Обрабатывает результаты радиофизических исследований ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу	ПК-3.1: Владение компьютером на уровне опытного пользователя, применение информационных технологий для решения задач в области астрофизики и радиоастрономии  ПК-3.2: Владение компьютером на уровне опытного пользователя, применение информационных технологий для решения задач в области астрофизики и радиоастрономии	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>22</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>49</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b>
	<b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	

	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Основные характеристики электромагнитного поля в радиоастрономии.	7		2	2	5
Равновесное излучение тел и перенос излучения в среде	7		2	2	5
Радиоастрономические приемники	7		2	2	5
Антенны в радиоастрономии	7		2	2	5
Основы радиоинтерферометрии	7		2	2	5
Методы радиоастрономических измерений	7		2	2	5
Механизмы космического радиоизлучения	17		6	6	11
Радиоизлучение основных видов астрофизических объектов	12		4	4	8
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	22	23	49

### Содержание разделов и тем дисциплины

Основные характеристики электромагнитного поля в радиоастрономии.

Равновесное излучение тел и перенос излучения в среде

Радиоастрономические приемники

Антенны в радиоастрономии

Основы радиоинтерферометрии

Методы радиоастрономических измерений

Механизмы космического радиоизлучения

Радиоизлучение основных видов астрофизических объектов

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении зачёта по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

Подготовка по контрольным вопросам текущего контроля.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Видимые и абсолютные звездные величины. Фотометрическое расстояние.
2. Интенсивность и поверхностная яркость. Плотность потока.
3. Поляризация излучения. Параметры Стокса.
4. Функция взаимной когерентности. Ее связь с распределением яркости по источнику.
5. Закон Планка, приближения Рэлея-Джинса и Вина. Яркостная и эффективная температуры.
6. Уравнение переноса излучения. Оптическая толщина.
7. Закон Кирхгофа. Локальное термодинамическое равновесие.
8. Предел чувствительности радиоастрономических приемников. Радиометрический выигрыш.
9. Квантовый предел шумовой температуры усилителя.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

1. Основные типы радиоастрономических приемников. Их чувствительность.
2. Калибровка радиоастрономических приемников. Шумовая температура приемника и шумовая температура системы.
3. Спектральный анализ в радиоастрономии.
4. Связь распределения поля в апертуре и диаграммы направленности.
5. Антенна, как фильтр пространственных частот.
6. Коэффициент направленного действия и эффективная площадь. Коэффициент рассеяния.
7. Температура антенны без потерь и с потерями. Шумы антенны.
8. Основные типы зеркальных антенн. Измерение параметров антенн.
9. Аддитивный и мультипликативный интерферометры.

#### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

1. Принцип апертурного синтеза. Суперсинтез и покрытие u-v плоскости. Методы обработки интерферометрических данных.

2. Чувствительность интерферометра.
3. Тормозной механизм излучения. Мера эмиссии.
4. Магнитотормозное излучение.
5. Черенковское излучение. Плазменный механизм радиоизлучения.
6. Эффект группового запаздывания сигналов. Мера дисперсии.
7. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Мера вращения. Деполяризация.
8. Коэффициенты вероятности Эйнштейна. Коэффициент поглощения в линии.
9. Переходы между компонентами тонкой и сверхтонкой структуры атомов. Линия нейтрального водорода на волне 21 см.
10. Рекомбинационные радиолнии.
11. Радиоспектры молекул (колебательно-вращательные, Λ-удвоение, инверсионные).

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

					ошибок		
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Видимые и абсолютные звездные величины. Фотометрическое расстояние.
2. Интенсивность и поверхностная яркость. Плотность потока.
3. Поляризация излучения. Параметры Стокса.
4. Функция взаимной когерентности. Ее связь с распределением яркости по источнику.
5. Закон Планка, приближения Рэлея-Джинса и Вина. Яркостная и эффективная температуры.
6. Уравнение переноса излучения. Оптическая толщина.
7. Закон Кирхгофа. Локальное термодинамическое равновесие.
8. Предел чувствительности радиоастрономических приемников. Радиометрический выигрыш.

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Квантовый предел шумовой температуры усилителя.
2. Связь распределения поля в апертуре и диаграммы направленности.
3. Антенна, как фильтр пространственных частот.
4. Аддитивный и мультипликативный интерферометры.
5. Принцип апертурного синтеза. Суперсинтез и покрытие u-v плоскости. Методы обработки интерферометрических данных.
6. Тормозной механизм излучения. Мера эмиссии.
7. Магнитотормозное излучение.
8. Черенковское излучение. Плазменный механизм радиоизлучения.

#### **5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

1. Эффект группового запаздывания сигналов. Мера дисперсии.
2. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Мера вращения. Деполяризация.
3. Коэффициенты вероятности Эйнштейна. Коэффициент поглощения в линии.
4. Переходы между компонентами тонкой и сверхтонкой структуры атомов. Линия нейтрального водорода на волне 21 см.
5. Рекомбинационные радиолинии.
6. Радиоспектры молекул (колебательно-вращательные,  $\Lambda$ -удвоение, инверсионные).



1. Рассчитать плотность потока радиоизлучения Юпитера на волне 3 мм. Радиус Юпитера 70000 км, радиус орбиты 5 а.е., поверхностная яркость 180 К. (ПК-2)
2. Оценить время, необходимое для регистрации радиоизлучения точечного источника с плотностью потока 1 мЯн при помощи антенны диаметром 100 м, КИП 70%, оснащенной приемником с шумовой температурой 100 К и полосой приема 100 МГц. Стандартный критерий обнаружения – отношение сигнал/шум  $> 3$ . (ПК-3)

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Кисляков Альберт Григорьевич. Введение в радиоастрономию : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника" : в 2 ч. Ч. 1. Основы радиоастрономии / ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Физматлит, 1995. - 212 с. - ISBN 5-85746-150-2 (ч.1) : 10000.00., 14 экз.
2. Кисляков Альберт Григорьевич. Введение в радиоастрономию : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника" : в 2 ч. Ч. 2. Техника радиоастрономии / ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Физматлит, 1996. - 196 с. - ISBN 5-230-03872-1 : 12000.00., 15 экз.
3. Краус Джон Д. Радиоастрономия / пер. с англ. В. Т. Федорова ; под ред. В. В. Федорова. - М. : Советское радио, 1973. - 456 с. : ил. - 2.41., 4 экз.
4. Железняков В. В. Излучение в астрофизической плазме. - М. : Янус-К, 1997. - 528 с. - 30.00., 1 экз.
5. Соболев Виктор Викторович. Курс теоретической астрофизики : [для вузов по специальности "Астрономия"]. - 3-е изд., перераб. - М. : Наука, 1985. - 502 с. : ил. - 1404.00., 3 экз.
6. Соболев Виктор Викторович. Курс теоретической астрофизики : [для вузов по специальности "Астрономия"]. - 2-е изд., изм. - М. : Наука, 1975. - 503 с. : черт. - 1.35., 1 экз.
7. Соболев Виктор Викторович. Курс теоретической астрофизики : [для ун-тов]. - М. : Наука, 1967. - 528 с. : с черт. - 1.28., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Есепкина Нелли Александровна. Радиотелескопы и радиометры / под ред. Д. В. Королькова. -

М. : Наука, 1973. - 415 с. : ил. - 2.79., 1 экз.

2. Железняков Владимир Васильевич. Радиоизлучение Солнца и планет. - М. : Наука, 1964. - 560 с. : ил. - 2.63., 8 экз.

3. Крюгер Альбрехт. Солнечная радиоастрономия и радиофизика : введение / пер. с англ. В. Д. Новикова; под ред. В. В. Зайцева. - М. : Мир, 1984. - 469 с. : ил. - Пер. изд.: Introduction to solar radio astronomy and radio physics / By A. Kruger (Dordrecht etc.). - 4.50., 2 экз.

4. Смит Ф. Г. Пульсары / пер. с англ. И. Ф. Малова, Ю. П. Шитова ; под ред. А. Д. Кузьмина. - М. : Мир, 1979. - 267 с. - 2.60., 1 экз.

5. Томпсон А. Ричард. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии = Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy / пер. под ред. Л. И. Матвеевко. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Физматлит, 2003. - 624 с. - ISBN 0-471-25492-4 (англ.). - ISBN 5-9221-0015-7 (рус.) : 67.00., 2 экз.

6. Томпсон Ричард А. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии / пер. с англ. А. П. Молодяну [и др.] ; под ред. Л. И. Матвеевко. - М. : Мир, 1989. - 567 с. : ил. - ISBN 5-03-001054-8 : 5.90., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Зинченко Игорь Иванович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник.

Рецензент(ы): Бакунов Михаил Иванович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Калинин Андрей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.