

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования**
**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный универ-
ситет**
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета
ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Астрофизика и радиоастрономия

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки

Направление подготовки: 03.03.03. Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

Бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Астрофизика и радиоастрономия» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» профиль «Радиофизика и электроника» (Б1.В.ДВ4). и предусмотрена для освоения в 8 семестре.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов современного представления о строении Вселенной, астрономических объектах, видах и механизмах космических излучений и радиоастрономических методах их исследования.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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**	
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	Знать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоастрономической аппаратуры и оборудования	Задача, собеседование
ПК-2. Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке	Уметь использовать основные методы радиофизических измерений в области радиоастрономии	Задача, собеседование

области радиофизики	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 радиофизики.		
ПК-3. Способен обрабатывать, оформлять и представлять результаты исследований и разработок в области радиофизики	ПК-3.1 Обработывает результаты радиофизических исследований ПК-3.2 Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	владение компьютером на уровне опытного пользователя, применение информационных технологий для решения задач в области астрофизики и радиоастрономии	Задача, собеседование

3. Структура и содержание дисциплины «Астрофизика и радиоастрономия»

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 23 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа занятия семинарского типа, 1 час - мероприятия промежуточной аттестации), 49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа

форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Консультации			Всего					
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная
Основные характеристики электромагнитного поля в радиоастрономии.	6						2									2			5		
Равновесное излучение тел и перенос излучения в среде	8						2									2			5		
Радиоастрономические приемники	8						2									2			5		
Антенны в радиоастрономии	8						2									2			5		
Основы радиоинтерферометрии	8						2									2			5		
Методы радиоастрономических измерений	8						2									2			5		
Механизмы космического радиоизлучения	16						6									6			12		
Радиоизлучение основных видов астрофизических объектов	10						4									4			8		
В т.ч. текущий контроль	1						1									1					
Промежуточная аттестация - зачет																					

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий курса «Астрофизика и радиоастрономия» являются практические занятия с применением технологий интерактивного обучения (презентаций) и самостоятельная работа студента.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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.

Список контрольных вопросов:

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.
10. Основные типы радиоастрономических приемников. Их чувствительность.
11. Калибровка радиоастрономических приемников. Шумовая температура приемника и шумовая температура системы.
12. Спектральный анализ в радиоастрономии.
13. Связь распределения поля в апертуре и диаграммы направленности.
14. Антенна, как фильтр пространственных частот.
15. Коэффициент направленного действия и эффективная площадь. Коэффициент рассеяния.
16. Температура антенны без потерь и с потерями. Шумы антенны.
17. Основные типы зеркальных антенн. Измерение параметров антенн.
18. Аддитивный и мультипликативный интерферометры.
19. Принцип апертурного синтеза. Суперсинтез и покрытие u-v плоскости. Методы обработки интерферометрических данных.
20. Чувствительность интерферометра.
21. Тормозной механизм излучения. Мера эмиссии.
22. Магнитотормозное излучение.
23. Черенковское излучение. Плазменный механизм радиоизлучения.
24. Эффект группового запаздывания сигналов. Мера дисперсии.
25. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Мера вращения. Деполяризация.
26. Коэффициенты вероятности Эйнштейна. Коэффициент поглощения в линии.
27. Переходы между компонентами тонкой и сверхтонкой структуры атомов. Линия нейтрального водорода на волне 21 см.
28. Рекомбинационные радиолнии.
29. Радиоспектры молекул (колебательно-вращательные, Λ -удвоение, инверсионные).

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции по ОПОП	Составляющие компетенции		
	знания	умения и навыки	владение опытом и личностная готовность к профессиональному совершенствованию
ПК-1	Знание основных принципов работы и	Умение использовать на практике прин-	Опыт работы на современной радиоас-

	методов эксплуатации современной радиоастрономической аппаратуры и оборудования	ципы работы и методы эксплуатации современной радиоастрономической аппаратуры и оборудования	трономической аппаратуре и оборудовании
ПК-2	Знание основных методов радиофизических измерений	Умение использовать основные методы радиофизических измерений	Опыт использования основных методов радиофизических измерений
ПК-3	Знание основ владения компьютером на уровне опытного пользователя и основ информационных технологий	Умение владеть компьютером на уровне опытного пользователя и применять информационных технологий	Опыт владения компьютером на уровне опытного пользователя, применения информационных технологий

Этап сформированности компетенций после обучения по данному курсу описан в п.2 настоящей программы.

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала.

Зачет проводится в устной форме. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой, вопросы для промежуточного контроля указаны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Шкала оценивания «зачет - незачет»:

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ	
	не зачтено	зачтено
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
Наличие навыков (владение опытом)	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
Мотивация (личностное отношение)	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.
Уровень сформированности компетенций	Низкий	Минимально допустимый и выше

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используется индивидуальное собеседование,

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются практические контрольные задания.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Теоретические вопросы (ПК-1, ПК-2, ПК-3)

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.
10. Связь распределения поля в апертуре и диаграммы направленности.
11. Антенна, как фильтр пространственных частот.
12. Аддитивный и мультипликативный интерферометры.
13. Принцип апертурного синтеза. Суперсинтез и покрытие u - v плоскости. Методы обработки интерферометрических данных.
14. Тормозной механизм излучения. Мера эмиссии.
15. Магнитотормозное излучение.
16. Черенковское излучение. Плазменный механизм радиоизлучения.
17. Эффект группового запаздывания сигналов. Мера дисперсии.
18. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Мера вращения. Деполяризация.
19. Коэффициенты вероятности Эйнштейна. Коэффициент поглощения в линии.
20. Переходы между компонентами тонкой и сверхтонкой структуры атомов. Линия нейтрального водорода на волне 21 см.
21. Рекомбинационные радиолинии.
22. Радиоспектры молекул (колебательно-вращательные, Λ -удвоение, инверсионные).

Типовые контрольные задания

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, КПД 70%, оснащенной приемником с шумовой температурой 100 К и полосой приема 100 МГц. Стандартный критерий обнаружения – отношение сигнал/шум > 3 . (ПК-3)

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Кисляков А.Г., Разин В.А., Цейтлин Н.М. Введение в радиоастрономию. – Изд. ННГУ, 1996
2. Краус Дж.Д. Радиоастрономия – М.: Сов радио, 1973
3. Железняков В.В. Излучение в астрофизической плазме. – М.: Янус-К, 1997
4. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, 1985.

б) дополнительная литература:

1. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. – М.: Наука, 1973.
2. Железняков В.В. Радиоизлучение Солнца и планет. М.: Наука, 1964
3. Крюгер А. Солнечная радиоастрономия и радиофизика. М.: Мир, 1984
4. Смит Ф.Г. Пульсары. М.: Мир, 1979
5. Томпсон Р., Моран Дж., Свенсон Дж. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии. – М.: Мир, 1989

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **03.03.03 «Радиофизика»**, профиль подготовки **«Радиофизика и электроника»**.

Автор _____ Зинченко И.И.

Рецензент _____ Бакунов М.И.

Заведующий кафедрой распространения радиоволн и радиоастрономии

_____ Гавриленко В.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.