

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Введение в радиоастрономию»**

Направление подготовки
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль подготовки
"Сети, системы и устройства телекоммуникаций"

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины "*Введение в радиоастрономию*" состоит в овладении предметом современной наблюдательной радиоастрономии

Курс имеет практическое приложение в радиоастрономии, а также в других радиофизических дисциплинах прикладного характера, связанных с дистанционным исследованием природных и искусственных физических объектов, по их радиоизлучению

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Данная дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, и является дисциплиной по выбору, и требует знаний, умений и навыков в объёме бакалаврской программы направлений «Радиофизика». Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами в ходе научной работы магистрантов и практик.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП магистратуры.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ		
ПК-1. Способен проводить обзор и анализ современных достижений науки, самостоятельно собирать и анализировать исходные данные в том числе с использованием передовых ИКТСС, формулировать задачи профессиональной деятельности для достижения поставленной цели.	ИД_ПК-1.1 Осуществляет работу с современными источниками научно-технической информации, в том числе с использованием ИКТСС	Знать: – предмет и особенности радиоастрономии как ветви астрономии и части радиофизики; – механизмы естественного космического радиоизлучения и особенности распространения радиоволн в космических условиях; – виды источников естественного космического радиоизлучения и их особенности; – основные характеристики естественного космического радиоизлучения.
	ИД_ПК-1.2 Самостоятельно осуществляет анализ исходных данных для постановки задач профессиональной деятельности	Уметь: - для заданного типа космических объектов указан, ожидаемые характеристики их естественного радиоизлучения; - по заданным временным, частотным и поляризационным характеристикам космического радиоизлучения указать возможные механизмы возникновения

	ИД_ПК-1.3 Самостоятельно формулирует задачи профессиональной деятельности	Владеть – навыками постановки радиоастрономических задач применительно к конкретным условиям.
--	------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 акад.часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение в дисциплину. Общее понятие о предмете и методах радиоастрономии..	3		1				3,7	устный опрос
2	Радиоастрономические характеристики космического радиоизлучения.	3		3		1		14	устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ					0,5		4	
3	Механизмы естественного космического радиоизлучения	3		7		1		34	устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ					0,5		4	
4	Основные источники естественного косми- ческого радиоизлучения	3		7		1		35	устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ					0,5		4	
	Всего за 3 семестр			18		3	0,3	86,7	Зачет
	в том числе с ЭО и ДОТ					1,5		12	
	ИТОГО			18		3	0,3	86,7	Зачет
	в том числе с ЭО и ДОТ					1,5		12	

Примечание: объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Введение в радиоастрономию» в LMS

Moodle, определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение в дисциплину. Общее понятие о предмете и методах радиоастрономии.
 - 1.1. Цели и задачи курса.
 - 1.2. Предмет и методы радиоастрономии.
 - 1.3. Специфика радиоастрономии как отрасли астрономии.
 - 1.4. Исторический обзор основных радиоастрономических открытий
2. Радиоастрономические характеристики космического радиоизлучения
 - 2.1. Электродинамические энергетические характеристики космического радиоизлучения. Понятия интенсивности и плотности потока излучения. Свойство инвариантности интенсивности.
 - 2.2. Яркость источника радиоизлучения. Относительность понятий яркости и интенсивности. Радиовсличина и радиоиндекс. Спектры радиоисточников и спектральный коэффициент.
 - 2.3. Термодинамические энергетические характеристики космического радиоизлучения. Законы теплового излучения в радиоастрономии. Радиояркостьная температура источников излучения.
 - 2.4. Законы переноса радиоизлучения в среде с поглощением и излучением. Понятие оптической толщины. Поляризационные характеристики радиоизлучения. Переменность излучения.
3. Механизмы естественного космического радиоизлучения.
 - 3.1. Тепловое радиоизлучение твердых космических тел. Тормозное радиоизлучение ионизированного газа.
 - 3.2. Излучение радиоволн плазменными колебаниями. Магнитотормозное радиоизлучение и его виды. Циклотронное (гироманнитное) радиоизлучение.
 - 3.3. Синхротронное излучение как основной вид нетеплового радиоизлучения в астрофизике. Магнитодрейфовое радиоизлучение (излучение кривизны).
 - 3.4. Виды космического излучения и поглощения в спектральных радиолиниях. Излучение в рекомбинационных радиолиниях ионизированного газа. Излучение и поглощение в радиолиниях сверхтонкой структуры атомов. Радиоизлучение нейтрального атомарного водорода на длине волны 21 см.
 - 3.5. Радиолинии расщепленных вращательных подуровней: линии "лямбда"- удвоения и инверсионные радиолинии.
4. Основные источники естественного космического радиоизлучения
 - 4.1. Радиоизлучение планет и астероидов Солнечной системы. Радиоизлучение комет
 - 4.2. Тепловое радиоизлучение короны и хромосферы спокойного Солнца. Коронарные конденсации и медленно меняющаяся компонента излучения спокойного Солнца.
 - 4.3. Хромосферные вспышки и спорадическое радиоизлучение Солнца. Типы спорадического радиоизлучения Солнца. Особенности всплесков I-V типов. Шумовые бури.
 - 4.4. Галактические источники радиоизлучения. Облака межзвездного нейтрального атомарного водорода (зоны HI) и спиральная структура галактики. Гигантские молекулярные облака и молекулярные мазеры.
 - 4.5. Планетарные туманности и радиопульсары - остатки взрывов сверхновых звезд. "Радиозвезды".
 - 4.6. Внегалактические источники радиоизлучения. Радиогалактики и квазары. Реликтовое фоновое радиоизлучение.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения проводятся практические занятия, в ходе которых используются образовательные технологии:

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях.

Задействованы:

решение задач;

коллективная мыслительная деятельность, в т.ч. мозговой штурм;

анализ конкретных ситуаций.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

Асинхронная консультация (в рамках онлайн курса) – занятие по окончании модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Введение в радиоастрономию» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;

представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;

представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;

представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;

посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;

- издательская система LaTeX;

- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Рудницкий Г.М. Конспект лекций по курсу "Радиоастрономия". Нижн. Архыз: Изд. CYGNUS, 2001, в том числе сводный доступ по адресу:
<http://comet.sai.msu.ru/~gmr/course/konspekt.pdf>
<http://comet.sai.msu.ru/~gmr/course/index.htm>

б) дополнительная литература

1. Кониикова В.К. Конспект лекций по практической радиоастрономии. Нижн. Архыз, CYGNUS, 1999. (<http://comet.sai.msu.ru>).
2. Хохлов А.В. Введение в радиоастрономию. Часть 1. Саратов: Изд-во СГУ, 1974.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
3. The Virtual Educational Observatory. (URL: <http://public.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>)
4. Радиоастрономическая база данных CATS (URL: <http://cats.sao.ru/>):
5. Сайт "Рабочая среда радиоастронома" ("http://astro.prao.ru/)
6. Сайт "Электронная база данных результатов наблюдений на радиотелескопах ПРАО АКЦ ФИАН (<http://observations.prao.ru/>)>.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Автор(ы) :

Ст. преподаватель

каф. инфокоммуникаций и радиофизики

Фомичев Н.И.

(подпись)

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Введение в радиоастрономию»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

Список вопросов для обсуждения на семинарских занятиях

1. Можно ли применить понятие интенсивности для характеристики излучения точечного источника?
2. В чем состоит качественное отличие спектров теплового и нетеплового космического, радиоизлучения ?
3. Спектральная плотность потока радиоизлучения космического источника на частоте 100 МГц составляет 1 мЯн, а на частоте 300 МГц – 9 мЯн. Может ли механизм излучения этого источника быть тепловым?
4. В каком случае радиояркостьная температура излучения источника совпадает с его термодинамической температурой ?
5. Чем объяснить отклонение формы наблюдаемого спектра теплового радиоизлучения Солнца от закона Релея-Джинса ?
6. В чем состоят качественные отличия радиоизлучения облаков нейтрального и ионизированного водорода?

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету

1. Радиоастрономия как отрасль астрономии. Предмет и методы радиоастрономии. Отрасли радиоастрономии.
2. Специфики радиоастрономии как отрасли астрономии.
3. Основные радиоастрономические открытия.
4. Интенсивность радиоизлучения. Спектральная и полная интенсивность.
5. Плотность потока излучения. Спектральная и полная плотность потока.
6. Яркость радиоизлучения. Спектральная и полная яркость.
7. Спектры радиоисточников Спектральный коэффициент.
8. Понятие о радиовеличине и радиоиндексе.
9. Законы теплового излучения и их приложение в радиоастрономии.
10. Понятие радиояркостной температуры.
11. Поляризационные характеристики радиоизлучения.
12. Перенос излучения в среде с поглощением и собственным излучением (общий случай).
13. Перенос излучения в среде с поглощением и собственным тепловым излучением.
14. Тепловое радиоизлучение твердых космических тел.

15. Тормозное радиоизлучение ионизированного газа.
16. Излучение радиоволн плазменными колебаниями.
17. Циклотронное (гироманнитное) радиоизлучение.
18. Синхротронное радиоизлучение.
19. Магнитодрейфовое радиоизлучение (излучение кривизны).
20. Излучение и поглощение в радиолниях сверхтонкой структуры.
21. Излучение рекомбинационных радиолний
22. Излучение и поглощение во вращательных радиолниях молекул.
23. Излучение в радиолниях расщепленных вращательных подуровней.
24. Радиоизлучение планет и астероидов Солнечной системы. Радиоизлучение комет.
25. Постоянная (спокойная) составляющая радиоизлучения Солнца.
26. Медленно меняющаяся составляющая радиоизлучения Солнца.
27. Спорадическое радиоизлучение Солнца.
28. Радиоизлучение областей нейтрального атомарного водорода.
29. Радиоизлучение туманностей - областей ионизированного водорода.
30. Радиоизлучение гигантских молекулярных облаков. Молекулярные мазеры.
31. Радиоизлучение туманностей остатков взрывов сверхновых звезд.
32. Механизмы радиоизлучения пульсаров - остатков взрывов сверхновых звезд.
33. Характеристики радиоизлучения пульсаров - остатков взрывов сверхновых звезд.
34. Радиоизлучение радиогалактик.
35. Радиоизлучение квазаров.
36. Реликтовое радиоизлучение.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Введение в радиоастрономию»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Введение в радиоастрономию» являются семинарские занятия, на которых происходит изложение теоретических основ и его закрепление путем анализа параметров конкретных радиоастрономических объектов к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом квантовой механики.

Большое внимание должно быть уделено выполнению самостоятельной работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются предварительное знакомство с изучаемым вопросом на основе материалов учебников, поиск необходимой информации по базам данных, расположенных в сети Интернет. Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы по поиску и обработке информации, в течение обучения проводятся дискуссии и анализ конкретных ситуаций, в ходе которых осуществляется устный опрос студентов.

Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачет

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Введение в радиоастрономию» самостоятельно студенту крайне сложно. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет и экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.