

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

(подпись) И.С. Огнев

«17» мая 2022 г.

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

Направление подготовки
03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Информационные процессы и системы

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «28» апреля 2022 года, протокол № 3

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины 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, является дисциплиной по выбору, и требует знаний, умений и навыков в объёме бакалаврской программы направлений 03.03.03, 11.03.01, 11.03.02 и родственных. 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: <ul style="list-style-type: none">– 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: <ul style="list-style-type: none">– для заданного типа космических объектов указан, ожидаемые характеристики их естественного радиоизлучения;– по заданным временным, частотным и поляризационным характеристикам космического радиоизлучения указать возможные механизмы возникновения (генерации) этого излучения;

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
		– по заданным временным, частотным и поляризационным характеристикам космического радиоизлучения указать возможный тип источника этого радиоизлучения.
	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					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
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
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		4	
3	Механизмы естественного космического радиоизлучения	3		7		1		34	устный опрос
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		4	
4	Основные источники естественного косми- ческого радиоизлучения	3		7		1		35	устный опрос
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					0,5		4	
		3					0,3		зачет
	Всего за 3 семестр			18		3	0,3	86,7	

	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					<i>1,5</i>		<i>12</i>	
	ИТОГО			18		3	0,3	86,7	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					<i>1,5</i>		<i>12</i>	

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. Радиовеличина 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 (гиромангнитное) 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 радиополосах. Излучение в рекомбинационных радиополосах ионизированного газа. Излучение и поглощение в радиополосах сверхтонкой структуры атомов. Радиоизлучение нейтрального атомарного водорода на длине волны 21 см.
 - 3.5. Радиополосы расщепленных вращательных подуровней: линии "лямбда"- удвоения и инверсионные радиополосы.
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, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные 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. Куимов, К. В. Астрономия и астрофизика : Небо и телескоп / К. В. Куимов, В. Г. Курт, Г. М. Рудницкий, В. Г. Сурдин, В. Ю. Теребиж - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 434 с. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115667.html>
2. Брауде, С. Я. Радиоволны рассказывают о Вселенной / Брауде С. Я. , Конторович В. М. - 3-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 240 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112628.html>

б) дополнительная литература

1. Степанов, А. В. Магнитосферы активных областей Солнца и звезд / Степанов А. В., Зайцев В. В. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2019. - 392 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922118361.html>
2. Мурзин, В. С. Астрофизика космических лучей : учебное пособие для вузов. / В. С. Мурзин. - Москва : Логос, 2017. - 488 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987041716.html>

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. The Virtual Educational Observatory. (URL: <http://public.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>)
3. Радиоастрономическая база данных CATS (URL: <https://cats.sao.ru/>):
4. Сайт “Рабочая среда радиоастронома” (<http://astro.prao.ru/>)
5. Сайт “Электронная база данных результатов наблюдений на радиотелескопах ПРАО АКЦ ФИАН (<http://observations.prao.ru/>)>.
6. Рудницкий Г.М. Конспект лекций по курсу "Радиоастрономия". Нижн. Архыз: Изд. CYGNUS, 2001, в том числе свободный доступ по адресу: <http://comet.sai.msu.ru/~gmr/course/konspekt.pdf>
<http://comet.sai.msu.ru/~gmr/course/index.htm>

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:

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

Вопросы к устному опросу

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 радиояркость 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?

Критерии оценивания ответов на вопросы опроса

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Полное	Полное
Полнота ответа	Вопрос раскрыт на 50 и более %	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Ответ полный и без ошибок

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

Вопросы к зачёту

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 радиолиниях сверхтонкой структуры.
 21. Излучение рекомбинационных радиолиний
 22. Излучение и поглощение во вращательных радиолиниях молекул.
 23. Излучение в радиолиниях 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.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающ ий полный ответ

3. Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка.

Уровень сформированности компетенции оценивается как средний по совокупности параметров, в роли которых выступают оценки за: ответы на вопросы устного опроса и ответы на вопросы билета в соответствии с критериями, приведёнными в п. 1.1, 1.2 и 2.2.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

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

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине 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.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в рабочей программе, и электронно-библиотечные системы, подписка на которые предоставлена через ЯрГУ, список и инструкцию по использованию которых можно найти по адресу: [http://www.lib.uni-yar.ac.ru/content/resource/net_res\(1\).php](http://www.lib.uni-yar.ac.ru/content/resource/net_res(1).php).

Очень информативно знакомство со **специализированными ресурсами**:

1. **Радиоастрономическая база данных CATS** (URL: <https://cats.sao.ru/>):

Радиоастрономическая база данных (CATS), созданная в Специальной Астрономической Обсерватории (RAS), представляет собой систему поддержки астрофизических каталогов. В настоящее время CATS представляет собой набор астрофизических каталогов, их описаний и программ работы с каталогами. Отбор каталогов для CATS основан на трех принципах: - включать все радиокаталоги, созданные на основе обзоров неба; - включать все крупные (более 1000 объектов) незвездные каталоги из других диапазонов; - включать каталоги объектов из других диапазонов, в которых использованы радиоданные.

2. Сайт (<http://astro.prao.ru/>) (“Рабочая среда радиоастронома”) посвящен планированию

Астрономических наблюдений на инструментах ПРАО и содержит также несколько десятков важнейших астрономических каталогов, необходимых для планирования наблюдений радиоастрономов.

3. Сайт “Электронная база данных результатов наблюдений на радиотелескопах ПРАО АКЦ ФИАН” <http://observations.prao.ru>. Все данные наблюдений обсерватории пишутся на специальный рейд-массив емкостью 2 терабайта