



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



УТВЕРЖДАЮ
Декан ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.О.10 Специальные разделы физики (Космическая радиофизика)**

Направление подготовки **03.04.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Информационные процессы и системы**

Квалификация выпускника **Магистр**

Форма обучения **Очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №32 от «23» марта 2022 г.

Председатель ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 6 от «01» марта 2022 г.

И.О. зав. кафедрой ~~_____~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2022 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3 Содержание учебного материала	8
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	8
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	10
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	10
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	10
а) основная литература.....	Ошибка! Закладка не определена.
б) дополнительная литература.....	Ошибка! Закладка не определена.
в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	Ошибка! Закладка не определена.
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ...	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	11
6.2. Программное обеспечение	11
6.3. Технические и электронные средства обучения.....	11
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	11
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	11

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Специальные разделы физики (Космическая радиофизика)» посвящена изучению физических процессов, происходящих при распространении радиоволн в космическом пространстве, включая ионосферу Земли, и освоению методов дистанционной диагностики плазменных сред по данным радиофизических наблюдений.

Цель курса – дать магистрантам представления о физических явлениях, возникающих в процессе распространения радиоволн в космосе, познакомить с методами расчета влияния плазменных сред на характеристики радиоволн и рассмотреть возможности решения обратной задачи дистанционного радиозондирования космической плазмы.

Задачи курса

- научить магистрантов выявлять наиболее значимые физические явления, учет которых необходим для организации надежной передачи информации на космических радиотрассах.

- научить магистрантов делать количественные оценки радиофизических эффектов, возникающих в процессе распространения радиоволн в ионосферной и космической плазме.

- сформировать у магистрантов умение и навыки оценки параметров плазменных сред по характеристикам сигналов дистанционного радиозондирования.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Специальные разделы физики (Космическая радиофизика)» входит в общенаучный цикл ОПОП.

Изучение курса предполагает наличие основных знаний по дисциплинам «Электродинамика», «Теория волн», «Статистическая радиофизика», «Излучение и распространение радиоволн», «Радиофизический мониторинг».

Полученные в процессе изучения курса знания и навыки могут быть использованы во время подготовки разделов магистерской диссертации, связанных с теоретическими исследованиями, математическим моделированием, интерпретацией экспериментальных данных, а также в дальнейшей профессиональной работе.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки **03.04.03 Радиофизика**:

ОПК-2: Способен определять сферу внедрения результатов прикладных научных исследований в области своей профессиональной деятельности

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-2	<i>ИДК опк2.2 Способен организовывать в сфере своей профессиональной деятельности</i>	Знать: основные положения теории распространения радиоволн в космосе; основные методы решения задач дистанционной

	<p>самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для выработки и принятия решений в области радиофизики</p>	<p>радиодиагностики ионосферы и космической плазмы</p> <p>Уметь: использовать теоретические знания для предсказания характеристик распространения радиоволн в космосе и для мониторинга состояния космической плазмы</p> <p>Владеть: навыками решения прямых и обратных задач распространения радиоволн в плазме ближнего и дальнего космоса</p>
--	--	--

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часов

Форма промежуточной аттестации: зачет

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточн ой аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Практические занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Радиофизические модели ионосферы и космической плазмы (солнечной короны, межпланетной и межзвездной среды)	1	22,2		2	-	0,2	8	Устный опрос
2	Влияние ионосферы и космической плазмы на распространение радиоволн	1	38,4		8	10	0,4	8	Устный опрос
3	Методы диагностики ионосферы и космической плазмы по данным радиофизических наблюдений.	1	37,4		8	8	0,4	9	Письменный опрос

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
1	Тема 1. Радиофизические модели тонкой структуры ионосферы	Работа с литературой	2-ая неделя	2 ч.	Устный опрос	Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998.
1	Тема 1. Радиофизические модели тонкой структуры короны и солнечного ветра	Работа с литературой	6- неделя	2 ч.	Устный опрос	Введение в радиоастрономию солнца : научное издание / А. Т Алтынцев, Л. К. Кашапова Изд-во ИГУ, 2014. - 203 с.
1	Тема 1. Радиофизические модели тонкой структуры межпланетной и межзвездной плазмы	Работа с литературой	8-неделя	4 ч.	Устный опрос	Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998.
1	Тема 2. Влияние крупномасштабных возмущений околосолнечной плазмы на распространение радиоволн.	Работа с литературой	10-неделя	4 ч.	Устный опрос	Сотникова Р.Т. Файнштейн В. Г. Введение в гелиофизику: учеб. пособие Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. 256 с.

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
1	Тема 2. Структура солнечных радиовсплесков как индикатор состояния короны и солнечного ветра.	Работа с литературой	12-ая неделя	4 ч.	Устный опрос	Введение в радиоастрономию солнца : научное издание / А. Т Алтынцев, Л. К. Кашапова Изд-во ИГУ, 2014. - 203 с.
1	Тема 3. Методы диагностики ионосфер планет с помощью радиосигналов спутников и планетарных радаров.	Работа с литературой	15-ая неделя	4 ч.	Устный опрос	Введение в радиоастрономию солнца : научное издание / А. Т Алтынцев, Л. К. Кашапова Изд-во ИГУ, 2014. - 203 с.
1	Тема 3. Радиозатменный метод глобального контроля состояния околоземной плазмы.	Работа с литературой	Конец семестра	5 ч.	Устный опрос	Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				25		

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Радиофизические модели ионосферы и космической плазмы (солнечной короны, межпланетной и межзвездной среды).

Тема 2. Влияние ионосферы и космической плазмы на распространение радиоволн.

2.1 Границы применимости метода геометрической оптики для расчета воздействий плазменной среды на характеристики распространения радиоволн.

2.2 Методы расчета волнового поля в присутствии каустик.

2.3 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов в околоземной и космической плазме.

2.4 Распространение радиоволн в короне и солнечном ветре.

2.5 Влияние возмущений околосолнечной плазмы на распространение радиоволн.

2.6 Линзирование радиоизлучений дискретных источников крупномасштабной структурой космической плазмы.

2.7 Особенности распространения радиоволн в космической плазме с учетом влияния гравитационных полей звезд и галактик.

Тема 3. Методы диагностики ионосферы и космической плазмы по данным радиофизических наблюдений.

3.1 Радиозатменный метод глобального контроля состояния околоземной плазмы.

3.2. Методы диагностики ионосфер планет с помощью радиосигналов спутников и планетарных радаров.

3.3 Метод радиопросвечивания плазменных сред радиоизлучением дискретных космических источников.

3.4 Радиопросвечивание короны и солнечного ветра сигналами с космических аппаратов.

3.5 Структура солнечных радиовсплесков как индикатор состояния короны и солнечного ветра.

4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тема 2	1. Лучевое приближение для расчета влияния ионосферы и космической плазмы на распространение радиоволн 2. Интегральные представления для расчета энергетических характеристик радиоволн в присутствии каустик 3. Оценки воздействия плазменной среды на распространение	10		Задачи по теме	ОПК-2.2

		радиоволн различных диапазонов 4. Рефракция радиоволн в короне и солнечном ветре. 5. Распространение радиоволн в космической плазме с учетом влияния гравитационных полей звезд и галактик				
2.	Тема 3	1. Радиозатменный метод. определения высотного профиля электронной плотности ионосферы Земли. 2. Метод зондирования околосолнечной плазмы радиосигналами планетарных радаров. 3. Радиодиагностика электронной плотности короны по характеристикам сигналов с космических аппаратов 4. Радиодиагностика космической плазмы по структуре сигналов пульсаров.	8		Задачи по теме	ОПК-2.2

4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема*	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Радиофизические модели тонкой структуры ионосферы	Составить обзор наиболее принятых моделей неоднородностей ионосферы	ОПК-2	ОПК-2.2
2	Тема 1. Радиофизические модели тонкой структуры короны и солнечного ветра	Составить обзор наиболее принятых моделей неоднородностей околосолнечной плазмы	ОПК-2	ОПК-2.2
3	Тема 1. Радиофизические модели тонкой структуры межпланетной и	Составить обзор наиболее принятых моделей неоднородностей	ОПК-2	ОПК-2.2

	межзвездной плазмы	межпланетной и межзвездной плазмы		
4	Тема 2. Влияние крупномасштабных возмущений околосолнечной плазмы на распространение радиоволн.	Провести литературный анализ эффектов влияния КВМ на распространение радиоволн	ОПК-2	ОПК-2.2
5	Тема 2. Структура солнечных радиовсплесков как индикатор состояния короны и солнечного ветра.	Провести литературный анализ характеристик солнечных радиовсплесков	ОПК-2	ОПК-2.2
6	Тема 3. Методы диагностики ионосфер планет с помощью радиосигналов спутников и планетарных радаров.	По литературным источникам изучить возможности диагностики ионосфер планет с помощью спутников и планетарных радаров.	ОПК-2	ОПК-2.2
7	Тема 3. Радиозатменный метод глобального контроля состояния околоземной плазмы.	Изучить радиозатменный метод контроля состояния ионосферы	ОПК-2	ОПК-2.2

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Работа с литературой может проходить как в читальных залах научной и учебных библиотек ИГУ, так и в домашних условиях студентов.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Сотникова Р.Т. Файнштейн В. Г. Введение в гелиофизику: учеб. пособие Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. 256 с. ISBN:978-5-9624-0246-8. Электронный читальный зал «БиблиоТех». <https://isu.bibliotech.ru/Reader/Book/2013080217274260245700004079>.

2. Яковлев О. И. Космическая радиофизика. М.: Научная книга, 1998. ISBN 5787100425. (2 экземпляра).

3. Спутниковый мониторинг Земли. Радиозатменный мониторинг атмосферы и ионосферы [Текст] : научное издание / О. И. Яковлев, А. Г. Павельев, С. С. Матюгов. - М. : Либроком, 2010. - 206 с. : граф. ; 21 см. - Библиогр.: с. 195-206. - ISBN 978-5-397-01227-0.

4. Введение в радиоастрономию солнца : научное издание / А. Т. Алтынцев, Л. К. Кашапова ; рец.: В. М. Богод, А. Б. Струминский ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики, Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 203 с. : цв. ил. ; 20 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 180-203. - ISBN 978-5-9624-1055-5. (3 экз.)

б) периодические издания

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Интернет ресурсы в свободном доступе, на сайтах ИГУ, ИСЗФ СО РАН, ИПГ им. академика Федорова, МГУ, АКЦ ФИАН.
2. Учебные базы данных.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование

Компьютерный класс со специализированным программным обеспечением для проведения практических занятий, мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного и семинарского материала.

6.2. Программное обеспечение

1. Microsoft PowerPoint

6.3. Технические и электронные средства обучения

В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующих программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Метод проектов: постановка задачи на самостоятельное исследование, список литературы, проведение консультаций, защита проекта на научном семинаре. Использование интерактивных форм проведения занятий: обзорные лекции (с презентацией на основе мультимедийных средств), посвященные современному состоянию конкретных проблем космической радиофизики, с приглашением ведущих ученых ИСЗФ СО РАН, НИИПФ, ИГУ; практические занятия в форме коллективного мозгового штурма научно-исследовательской задачи, поставленной преподавателем; проведение итогового зачета в форме студенческого дискуссионного семинара.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы (ОМ)

8.1.1. Оценочные материалы для входного контроля

Оценочных средств для входного контроля нет.

8.1.2 Оценочные материалы текущего контроля

Ниже приведен перечень оценочных средств текущего контроля:

1. В течение семестра студентами выполняются в аудитории 2 контрольные работы по материалам практических занятий.
2. Тесты по материалам лекционных занятий.
3. Проверка конспектов лекций и конспекта практических занятий.

8.1.3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Ниже приведен список вопросов к зачету:

1. Радиофизические модели ионосферы.
2. Радиофизические модели короны и солнечного ветра

3. Радиофизические модели межпланетной и межзвездной среды.
4. Метод ГО для расчета влияния ионосферы и космической плазмы на распространение радиоволн.
5. Методы расчета волнового поля в присутствии каустик.
6. Особенности распространения радиоволн в околоземной плазме.
7. Распространение радиоволн различных диапазонов в короне и солнечном ветре.
8. Распространение радиоволн в межпланетной и межзвездной плазме
9. Влияние возмущений околосолнечной плазмы на распространение радиоволн.
10. Эффекты линзирования радиоизлучения дискретных источников крупномасштабной структурой космической плазмы.
11. Особенности распространения радиоволн в космической плазме с учетом влияния гравитационных полей звезд и галактик.
12. Методы диагностики ионосферы по данным радиофизических наблюдений.
13. Методы диагностики космической плазмы по радиоданным.
14. Радиозатменный метод глобального контроля состояния околоземной плазмы.
15. Методы диагностики ионосфер планет с помощью спутниковых радиосигналов.
16. Диагностика ионосфер планет с помощью радиосигналов планетарных радаров.
17. Метод просвечивания околосолнечной плазмы радиоизлучением дискретных космических источников.
18. Просвечивание межпланетной и межзвездной среды радиоизлучением пульсаров и квазаров.
19. Диагностика солнечной короны сигналами с космических аппаратов.
20. Особенности диагностики солнечного ветра сигналами с космических аппаратов.
21. Структура солнечных радиовсплесков как индикатор состояния короны и солнечного ветра.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Радиоволны миллиметрового диапазона эффективно использовать в А) в наземных линиях связи, Б) в линиях связи между космическими аппаратами.
2. При наземных измерениях структуры метрового радиоизлучения дискретных космических источников влиянием ионосферы А) можно пренебречь, Б) пренебрегать нельзя.
3. При наземных измерениях радиосигналов метрового диапазона, прошедших через солнечную корону важно учитывать влияние А) гравитационного поля Солнца, Б) эффекты корональной плазмы.
4. Максимум ионизации атмосферы Земли находится на высотах: А) 250-400 км., Б) 1-10 км., В) 50-100 км..
5. Плазменные частоты ионосферы Земли порядка А) 40-80 МГц, Б) 1-12 МГц, В) 20-30 МГц
6. Плазма солнечной короны: А) однородная, Б) случайно-неоднородная.
7. Электронная концентрация солнечной короны: А) убывает с расстоянием от Солнца, Б) возрастает с расстоянием от Солнца, В) не изменяется.
8. Концентрация свободных электронов в солнечном ветре А) больше, чем в короне, Б) меньше, чем в короне.
9. Межпланетная среда представляет собой А) нейтральный газ, Б) частично-ионизированный газ.
10. Геометрооптический расчет влияния неоднородностей ионосферы и космической плазмы на распространение радиоволн возможен в случае, когда А) длина волны много больше размеров неоднородностей, Б) длина волны много меньше размеров неоднородностей В) длина волны порядка размеров неоднородностей.
11. Расчет влияния неоднородностей ионосферы и космической плазмы на распространение радиоволн в лучевом приближении возможен в случае, когда А)

- размеры неоднородностей много больше размера первой зоны Френеля, Б) размеры неоднородностей много меньше размера первой зоны Френеля.
12. Геометрооптический расчет амплитуды волнового поля в зоне каустической тени А) возможен, Б) не возможен.
 13. Могут ли турбулентные неоднородности плазменной среды изменить размер зоны каустической тени: А) нет, Б) да.
 14. Верхняя граница ионосферы Земли порядка: А) 500 км., Б) 2000 км., В) 10000 км.
 15. Возможен ли эффект Доплера в межпланетной плазме? А) да, Б) нет.
 16. Рефракция радиоволн миллиметрового диапазона в ионосфере Земли А) не существенна, Б) значительна.
 17. Рефракция метровых радиоволн в солнечной короне А) не существенна, Б) значительна.
 18. Рассеяние метровых радиоволн на турбулентных неоднородностях солнечной короне А) значительно, Б) пренебрежимо мало.
 19. Фокусировка дециметрового радиоизлучения дискретного космического источника атмосферой Земли А) возможна, Б) нет.
 20. Радиоволны миллиметрового диапазона испытывают сильное поглощение А) в ионосфере, Б) в стратосфере, В) в тропосфере.
 21. Может ли солнечная корона сфокусировать на поверхность Земли метровое радиоизлучение дискретного космического источника? А) нет, Б) да.
 22. Спектр турбулентных неоднородностей космической плазмы А) степенной, Б) гауссов.
 23. Гравитационный радиус Солнца А) 100 км., Б) 3 км., В) 30 км.
 24. Непрерывное радиоизлучение магнитосферы пульсаров, измеренное на Земле А) непрерывное, Б) импульсное.
 25. Радиоизлучение квазаров А) когерентное, Б) шумовое.
 26. Есть ли ионосфера на Марсе? А) да, Б) нет.
 27. Возможно ли явление сверхрефракции в атмосфере Венеры? А) да, Б) нет.
 28. В каком диапазоне электромагнитных волн можно наблюдать гравитационную фокусировку? А) в дециметровом, Б) в декаметровом, В) длинноволновом.
 29. В каком диапазоне длин волн эффективны планетарные радары? А) в длинноволновом, Б) в средневолновом, В) в УКВ диапазоне.
 30. Критическая рефракция радиоволн в атмосфере Венеры возможна, если радиус кривизны луча: А) больше радиуса Венеры, Б) порядка радиуса Венеры, В) меньше радиуса Венеры.

Разработчики:



профессор

Н.Т.Афанасьев

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.04.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «01» марта 2022 г. протокол № 6

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.