



**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 ~~Физического факультета~~ Буднев Н.М.

«17» апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины **Б1.О.26 Излучение и распространение радиоволн**

Направление подготовки **03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Радиофизика в области связи, информационных и телекоммуникационных технологий**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель ~~\_\_\_\_\_~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 8 от «08» апреля 2024 г.

И.О. зав. кафедрой ~~\_\_\_\_\_~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2024 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 .....	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 ( в том числе КСР) обучающихся по дисциплине .....	6
4.3. Содержание учебного материала .....	7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	7
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	10
6.2. Программное обеспечение:.....	10
6.3. Технические и электронные средства:.....	11
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	11
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	11

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели:

Обеспечить студента необходимыми знаниями о процессах распространения и излучения радиоволн в различных средах при планировании, разработке и реализации радиосистем широкого профиля (радиолокации, навигации, связи, пеленгации и др.) и показать возможность использования этих знаний в научных исследованиях.

### Задачи:

- изучение методов решения задач распространения радиоволн различных частотных диапазонов в свободном пространстве и в неоднородных средах.
- изучение методов и способов оценки характеристик радиосигналов в реальных информационных каналах.
- формирование у студентов умений и навыков самостоятельного приобретения и применения знаний при исследовании и построении математических моделей процесса распространения радиоволн.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина "Излучение и распространение радиоволн" относится к обязательной части программы. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: "Электродинамика", "Статистическая радиофизика", "Физика сплошных сред", "Распространение электромагнитных волн", "Математический анализ", "Дифференциальные и интегральные уравнения", "Методы математической физики", Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: "Радиофизический мониторинг", "Космическая радиофизика", "Антенно-фидерные устройства"

## 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 (специальности) 03.03.03 Радиофизика

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ОПК-1</i> Способность применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	<i>ИДК<sub>ОПК-1.1</sub></i> Применяет базовые знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач	Знать: основные положения теории распространения радиоволн различных диапазонов в природных средах Уметь: применять теоретические знания для предсказания характеристик распространения радиосигналов в реальных средах и при проектировании современных радиосистем широкого назначения в соответствии с предъявляемыми требованиями Владеть: навыками расчета основных характеристик радиосигналов при

		организации каналов передачи информации
--	--	---

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов,

Форма промежуточной аттестации: экзамен

##### 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)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа (в том числе, внеаудиторная СР, КСР)	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Р1. Введение. Излучение и распространение радиоволн в свободном пространстве	6	4,1		2	2	0,1		Письменный текущий контроль
2	Р2. Распространение радиоволн над плоской Землей	6	25,1		8	12	0,1	5	Письменный текущий контроль Защита ЛР.
3	Р3. Распространение радиоволн вдоль плоской Земли	6	18,1		3	10	0,1	5	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.

4	Р4. Дифракция радиоволн вокруг сферической Земли	6	15,1		2	8	0,1	5	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.
5	Р5. Тропосферное распространение радиоволн	6	18,2		3	10	0,2	5	Письменный текущий контроль.
6	Р6. Радиоволны в ионосфере и космической плазме	6	36,4		18	12	0,4	6	Письменный текущий контроль. Защита ЛР.

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы ( в том числе КСР) обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
6	Р1.	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-я нед	0	Письменный текущий контроль.	
	Р2.		1-я нед	5		
	Р3.		2-4	5		
	Р4.		5-7	5		
	Р5.		8-11	5		
	Р6.		12-14	6		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				26		
<b>Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)</b>				0		

### 4.3. Содержание учебного материала

1. Введение. Классификация радиоволн по диапазонам. Условия свободного распространения радиоволн.
2. Излучение в свободном пространстве. Решение неоднородного уравнения Гельмгольца. Условие излучения Зоммерфельда. Элементарные излучатели. Электрический и магнитный диполи Герца. Принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Область свободного пространства, существенная для распространения радиоволн.
4. Отражение радиоволн от плоской поверхности Земли. Коэффициенты отражения при различных видах поляризации.
5. Поле излучателей, поднятых над Землей. Интерференционный множитель. Квадратичная формула Введенского. Учет сферичности Земли в интерференционных формулах.
6. Распространение радиоволн вдоль гладкой однородной плоской поверхности Земли. Множитель ослабления. Приближенные граничные условия Леонтовича.
7. Поле вертикального диполя, расположенного на плоской Земле. Формула Шулейкина - Ван дер Поля.
8. Поле горизонтального диполя, расположенного на плоской Земле.
9. Распространение радиоволн вдоль неоднородной поверхности Земли. Понятия "взлетной" и "посадочной" площадок. Явление береговой рефракции. Условия применимости теории распространения радиоволн вдоль неоднородной трассы.
10. Методы расчета распространения радиоволн над неровной земной поверхностью. Детерминированный и статистический подходы.
11. Распространение радиоволн вдоль сферической земной поверхности. Дифракционная теория Фока.
12. Рефракция радиоволн в тропосфере. Виды тропосферной рефракции. Явление сверхрефракции.
13. Тропосферное поглощение и рассеяние радиоволн.
14. Распространение радиоволн различных диапазонов в ионосфере. Методы расчета характеристик ионосферных радиоволн. Условия применимости используемых приближений.
15. Рассеяние радиоволн в ионосфере.
16. Влияние магнитного поля Земли на распространение ионосферных радиоволн.
17. Физические процессы при распространении радиоволн звукового диапазона.
18. Распространение радиоволн оптического диапазона в атмосфере Земли.
19. Особенности распространения радиоволн в космической плазме.

#### 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	Раздел 1.	ПЗ. Излучение и распространение радиоволн в свободном пространстве	2		Письменный текущий контроль.	ОПК1. ИДК <sub>ОПК1.1</sub>
2	Раздел 2.	ПЗ. Распространение	12		Письменный текущий контроль.	ОПК1. ИДК <sub>ОПК1.1</sub>

		радиоволн над плоской Землей ЛР. Проверка квадратичной формулы Введенского			Защита ЛР.	
3	Раздел 3	ПЗ. Распространение радиоволн вдоль плоской Земли ЛР. Проверка формулы Шулейкина-Ван дер Поля	10		Письменный текущий контроль. Защита ЛР.	ОПК1. ИДК <sub>ОПК1.1</sub>
4	Раздел 4	ПЗ. Дифракция радиоволн вокруг сферической Земли ЛР. Моделирование дифракции радиоволн различных диапазонов вокруг земной поверхности	8		Письменный текущий контроль.	ОПК1. ИДК <sub>ОПК1.1</sub>
5	Раздел 5	ПЗ. Тропосферное распространение радиоволн ЛР. Моделирование радиомиражей в тропосфере	10		Письменный текущий контроль. Защита ЛР.	ОПК1. ИДК <sub>ОПК1.1</sub>
6	Раздел 6	ПЗ. Распространение радиоволн в ионосфере и космической плазме ЛР. Механизмы распространения коротких радиоволн в ионосфере	12		Письменный текущий контроль.	ОПК1. ИДК <sub>ОПК1.1</sub>



#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Р1. Типы излучателей	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.	ОПК1	ИДК <sub>ОПК1.1</sub>
2	Р2. Распространение радиоволн над сферической Землей	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
3	Р3. Распространение радиоволн вдоль Земли	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
4	Р4. Дифракция Фока.	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
5	Р5. Тропосферное поглощение	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		
6	Р6. Возбуждение ионосферного межслоевого канала.	Осмысление материала лекций. Подготовка к ПЗ.		

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя, в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины:

Р1. Простые и сложные типы излучателей. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Р2. Учет сферичности Земли в интерференционных формулах. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Р3. Понятия "взлетной" и "посадочной" площадок. Явление береговой рефракции. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Р4. Асимптотики дифракционных формул Фока. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Р5. Тропосферное поглощение. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Р6. Механизмы ввода и вывода энергии из ионосферного межслоевого канала.

Контроль самостоятельной работы проводится на практических занятиях, при защите лабораторных работ.

#### V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам,

указанным в рабочей программе дисциплины (модуля).

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

Обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

#### **а) перечень литературы**

1. Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А., Рябов А. В., Головченко Е. В., Курносое Р. Ю. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи: Учебное пособие для вузов Издательство "Лань" 2023. Издание 6-е изд., стер. 176 с. ЭБС "Лань". - неогранич. доступ.. <https://e.lanbook.com/book/303020>

2. Математическое моделирование характеристик сигнала в возмущенном информационном канале [Текст]: монография / Е.Т. Агеева, Н.Т. Афанасьев, Д.Ким, Н.И. Михайлов. Старый Оскол : Изд-во "Тонкие наукоемкие технологии", 2016. - 128 с. (50 экз).

3. Бредов, М.М. Классическая электродинамика [Электронный ресурс] / М. М. Бредов, И. Н. Топтыгин, В. В. Румянцев. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2003. - 400 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - <https://e.lanbook.com/book/210194>

4. Пиралишвили Ш. А., Шалагина Е. В., Каляева Н. А., Попкова Е. А. Электричество и магнетизм. Издательство "Лань". 2022. Изд.2-е, доп.. 160 с. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. <https://e.lanbook.com/book/209804>

#### **б) периодические издания**

#### **в) список авторских методических разработок**

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Поисковые системы Google, Yandex.

2. Электронные ресурсы доступные по логину и паролю, предоставляемые Научной библиотекой ИГУ.

3. Научная библиотека ИГУ [http://library.isu.ru/ru/resources/edu\\_resources/index.html](http://library.isu.ru/ru/resources/edu_resources/index.html)

4. БД книг и продолжающихся изданий [http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT](http://ellibnb.library.isu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.htm?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IRCAT&P21DBN=IRCAT)

5. Электронный читальный зал «БиблиоТех» <https://isu.bibliotech.ru/>.

6. Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>

7. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://rucont.ru>

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Класс ЭВМ, аудитории 317, 314, 323А оснащенные вычислительной техникой, специальным ПО и свободным доступом в сеть Internet.

### **6.2. Программное обеспечение:**

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: АТ30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.

2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmс. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.

3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017  
Счет № ФРЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568.  
Бессрочно.

4. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке:  
<http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/> . Бессрочно.

### 6.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска.

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Контролируемые компетенции/ индикаторы
1	2	3	4
1	Демонстрация лабораторного задания	все	ОПК-1.1
2	Контрольная работа	все	ОПК-1.1

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

За посещение одного вида занятия дается 0,6 балла (25 занятий (Л+Пз+ЛР)\*0,6 балла = 15 баллов), максимальное количество баллов за письменный контроль на СКР – 5 баллов, за Пз – 54 баллов (6 летучек \*5 балла= 30 баллов, решение задач у доски или самостоятельное досрочное решение всех задач, выносимых на ПЗ – 6 занятий\*4 балла=24 баллов), лабораторные работы (ЛР) – 30 баллов (3\*ЛР\*10 баллов=30 баллов).

Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля и решения задачи у доски или самостоятельного досрочного решения всех задач, выносимых на ПЗ1-ПЗ6. Параметры оценочного средства для КСР.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 5 баллов.	Хорошо 3,5 балла	Удовлетв. 2 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания.	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки.	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки.	Задание не выполнены или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х ошибок.

Параметры оценочного средства для защиты лабораторных работ

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 7-10 баллов	Хорошо 4-6 балла	Удовлетв. 1-3 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно оформлен отчет, сделаны выводы. При защите показано всестороннее и глубокое знание материала.	В целом отчет оформлен корректно, сделаны выводы, но имеются незначительные недостатки. При защите студент показывает понимание материала, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы.	Отчет оформлен полностью. Имеются замечания по оформлению, выводы сделаны не полностью. При защите - суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводятся, ответы на дополнительные вопросы не уверенные.	Отчет не оформлен.  Отчет оформлен со значительными замечаниями, выводы не полные, при защите студент с трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы

Примерные вопросы для письменного текущего контроля приведены ниже:

1. Частотные диапазоны радиоволн.
2. Условия свободного распространения радиоволн.
3. Условие излучения Зоммерфельда.
4. Электрический и магнитный диполи Герца.
5. Принцип Гюйгенса-Френеля.
6. Понятие первой зоны Френеля.
7. Коэффициенты отражения радиоволн от плоской Земли при различных видах поляризации.
8. Интерференционный множитель.
9. Квадратичная формула Введенского.
10. Множитель ослабления.
11. Приближенные граничные условия Леонтовича.
12. Формула Шулейкина - Ван дер Поля.
13. Понятия "взлетной" и "посадочной" площадок.
14. Явление береговой рефракции.
15. Расстояние прямой видимости.
16. Приближенная формула оценки дифракции радиоволн вокруг Земли.
17. Виды тропосферной рефракции.
18. Критическая рефракция радиоволн
19. Условие сверхрефракции радиоволн.
20. Тропосферное поглощение радиоволн
21. Тропосферное рассеяние радиоволн.
22. Условия отражения радиоволн в ионосфере.
23. Рассеяние радиоволн в ионосфере.
24. Обыкновенная и необыкновенная волна в ионосфере.
25. Радиоволны звукового диапазона в анизотропной ионосфере.
26. Радиоволны оптического диапазона в атмосфере Земли.
27. Рефракционные эффекты при распространении радиоволн в космической плазме.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме экзамена).

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенции ОПК-1 и проводится в форме экзамена. Форма проведения экзамена – устный по билетам или письменный по билетам.

Билет состоит из одного теоретического и одного практического вопроса. Экзаменационные задания (билеты) для приема зачета с оценкой выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность обмена информацией в ходе экзамена.

Студент бакалавр допускается к зачету с оценкой в том случае, если в течение семестра за текущую работу набрано 40 баллов и более. В противном случае выставляется 0 сессионных баллов. Во время экзамена студент бакалавр может набрать до 30 баллов. Если на экзамене ответ студента оценивается менее чем 10-ю баллами, то экзамен считается не сданным, студенту бакалавру выставляется 0 баллов, а в ведомость выставляется оценка «неудовлетворительно».

Если на экзамене студент набирает 10 и более баллов, то они прибавляются к сумме баллов за текущую работу и переводятся в академическую оценку, которая фиксируется в ведомости и зачетной книжке студентов.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
60-70 баллов	«удовлетворительно»
71-85 баллов	«хорошо»
86-100 баллов	«отлично»

Преподаватель имеет право выставить оценку (с согласия студента) без процедуры сдачи экзамена, если сумма баллов, набранная студентом за текущую работу составит более 70 баллов. В этом случае к набранному студентом количеству баллов за текущую работу автоматически добавляется 20 баллов и выставляется соответствующая академическая оценка.

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.	Неудовлетв.
Знание	Всесторонние глубокие знания (10 -11 баллов)	Знание материала в пределах программы (7 -9 баллов)	Отмечены пробелы в усвоении программного материала (4 -6 баллов)	Не знает основное содержание дисциплины (0-3 балла)
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются (8 -10 баллов)	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы (6 -8 баллов)	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные (4 -6 баллов)	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы (0-3 балла)
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию (3-5 баллов)	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию (2-3 балла)	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию (1-2 балла)	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию (0-2 балла)
Соблюдение норм	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль	Соблюдает нормы литературного языка, допускает	Допускает множественные речевые ошибки при изложении	Косноязычная речь искажает смысл ответа (0-1 балл)

литературного языка	изложения (3-4 балла)	единичные ошибки (2- 3 балла)	материала (1-2 балл)	
---------------------	-----------------------	-------------------------------	----------------------	--

### Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену

1. Излучение в свободном пространстве. Интегрирование неоднородного уравнения Гельмгольца. Условие излучения Зоммерфельда.
2. Элементарные излучатели. Электрический диполь Герца.
3. Магнитный диполь Герца.
4. Принцип Гюйгенса-Френеля.
5. Область свободного пространства, существенная для распространения радиоволн.
6. Отражение радиоволн от плоской поверхности Земли. Метод зеркальных изображений.
7. Коэффициенты отражения при различных видах поляризации радиоволны.
8. Поле излучателей, поднятых над Землей. Интерференционный множитель. Квадратичная формула Введенского.
9. Учет сферичности Земли в интерференционных формулах.
10. Распространение радиоволн вдоль гладкой однородной плоской поверхности Земли. Множитель ослабления.
11. Приближенные граничные условия Леонтовича.
12. Поле вертикального диполя, расположенного на плоской Земле. Формула Шулейкина - Ван дер Поля.
13. Поле горизонтального диполя, расположенного на плоской Земле.
14. Распространение радиоволн вдоль неоднородной поверхности Земли. Понятия "взлетной" и "посадочной" площадок.
15. Явление береговой рефракции.
16. Условия применимости теории распространения радиоволн вдоль неоднородной трассы.
17. Методы расчета распространения радиоволн над неровной земной поверхностью. Детерминированный и статистический подходы.
18. Распространение радиоволн вдоль сферической земной поверхности. Дифракционная теория Фока.
19. Рефракция радиоволн в тропосфере. Виды тропосферной рефракции. Явление сверхрефракции.
20. Тропосферное поглощение.
21. Рассеяние радиоволн в тропосфере.
22. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов в ионосфере.
23. Методы расчета характеристик распространения радиоволн в регулярной ионосфере.
24. Рассеяние радиоволн в ионосфере.
25. Влияние магнитного поля Земли на распространение ионосферных радиоволн.
26. Физические процессы при распространении радиоволн звукового диапазона.
27. Особенности распространения радиоволн оптического диапазона в атмосфере Земли.
28. Распространение радиоволн в космической плазме.

### Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Контролируемые компетенции/ индикаторы
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Письменный текущий контроль.	P1	ОПК1. ИДКОПК1.1
2	Письменный текущий контроль. Защита ЛР	P2	
3	Письменный текущий контроль. Защита ЛР	P3	

4	Письменный текущий контроль.	P4	
5	Письменный текущий контроль. Защита ЛР	P5	
6	Письменный текущий контроль.	P6	

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ОПК-1:

**1. Огибание радиоволнами препятствий называют явление:**

- А) рефракции.
- Б) интерференции.
- В) дифракции.
- Г) отражения.

**2. Поверхностными называют радиоволны, которые:**

- А) последовательно отражаются от поверхности Земли и ионосферы.
- Б) распространяются вблизи земной поверхности.
- В) проходят сквозь ионосферу.
- Г) испытывают сильное поглощение в ионосфере.

**3. Поворот плоскости поляризации радиоволны в ионосфере называют эффектом:**

- А) Снеллиуса.
- Б) Френеля.
- В) Фраунгофера.
- Г) Фарадея.

**4. Радиоволны какого диапазона испытывают наибольшее поглощение во время дождя?**

- А) СВ
- Б) КВ
- В) УКВ
- Г) ДВ

Разработчик:



профессор, Афанасьев Н.Т..

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «08» апреля 2024 г. протокол № 8

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

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