



**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.

«17» апреля 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.В.04 Моделирование распространения радиоволн**

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 №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	4
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	4
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	5
4.3 Содержание учебного материала	6
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	8
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	9
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	9
VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	9
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	10

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – обеспечить студента знаниями из области моделирования распространения радиоволн в неоднородных средах, необходимыми для проектирования и применения радиотехнических схем и устройств, используемых в приборах, лабораторных установках, системах для научных исследований и т.д.

Задачи курса – ознакомить студента с основами моделирования задач современной теории распространения радиоволн.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

В структуре ОПОП дисциплина входит в вариативную часть общенаучного цикла ОПОП. Математической основой курса являются разделы курса высшей математики: математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, дифференциальные уравнения, теория функций комплексной переменной, методы математической физики и теория вероятностей. Курс является продолжением курсов «Теория волновых процессов», «Статистическая радиофизика», «Волны в неоднородных средах».

Полученные в процессе изучения курса знания и навыки могут быть использованы для изучения дисциплин «Радиофизические исследования околоземного космического пространства», а также во время прохождения производственной практики, выполнения выпускной квалификационной работы, 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**:

ПК-2: Способен применять методы математического описания физических явлений и объектов, обладающих волновой или колебательной природой.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	<i>ИДК_{ПК2.1} Способен организовывать в сфере своей профессиональной деятельности самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска в области радиофизики</i>	Знать: методы расчета неоднородных трасс, их ошибки и области применимости; основы теории распространения радиоволн в неоднородных средах Уметь: использовать модели сигнала в неоднородных средах; использовать новые результаты теории распространения радиоволн Владеть: методами расчета характеристик волн в неоднородных средах; навыками постановки и решения задач распространения волн в неоднородных средах

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов,
Из них 18 часов – практическая подготовка

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

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)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточн ой аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекции	Лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение. Моделирование распространения волн в однородной среде	3	24,2	4		18	0,2	6	Устный опрос, практические задания
2	Моделирование однократного рассеяния волн в неоднородных средах	3	25,2	4		18	0,2	7	Устный опрос, практические задания
3	Моделирование геометрического приближения в теории распространения волн в неоднородных средах	3	25,3	4		18	0,3	7	Устный опрос, практические задания

4	Моделирование приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	3	25,3	6		18	0,3	7	Устный опрос, практические задания
---	--	---	------	---	--	----	-----	---	------------------------------------

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	Трудоемкость (час.)		
3	Введение. Моделирование распространения волн в однородной среде	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-4	6	Письменный текущий контроль.	
	Моделирование однократного рассеяния волн в неоднородных средах		5-10	7		
	Моделирование геометрического приближения в теории распространения волн в неоднородных средах		11-14	7		
	Моделирование приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде		15-18	7		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				27		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)				0		

4.3 Содержание учебного материала

Раздел 1. Введение. Моделирование распространения волн в однородной среде.

- 1.1. Уравнения Максвелла
- 1.2. Спектр сигнала.
- 1.3. Параметры среды распространения.
- 1.4. Волновое уравнение.
- 1.5. Потенциалы. Уравнение Гельмгольца.
- 1.6. Функция Грина.
- 1.7. Плоские волны.
- 1.8. Сферическая волна и ее интегральные представления.
- 1.9. Метод стационарной фазы.
- 1.10. Поле элементарного диполя.
- 1.11. Использование функции Грина.
- 1.12. Радиосигнал в однородной среде.
- 1.13. Энергетические соотношения.
- 1.14. Модификации постановки задачи распространения волн в неоднородных средах.

Раздел 2. Моделирование однократного рассеяния волн в неоднородных средах

- 2.1. Борновское приближение в волновой задаче.
- 2.2. Однократно рассеянное поле в дальней зоне.
- 2.3. Примеры однократного рассеяния.
- 2.4. Рассеяние на вытянутой неоднородности.
- 2.5. Рассеяние на метеорном следе.
- 2.6. Рассеяние на сплюснутой неоднородности.
- 2.7. Рассеяние в случайно неоднородной среде.
- 2.8. Средняя интенсивность и функции корреляции рассеянного поля.

Раздел 3. Моделирование геометрического приближения в теории распространения волн в неоднородных средах

- 3.1. Слоистые среды.
- 3.2. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ).
- 3.3. Нормальное падение плоской волны на плоскослоистую среду.
- 3.4. Наклонное падение плоской волны на плоский слой.
- 3.5. Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.
- 3.6. Решение уравнения эйконала методом характеристик.
- 3.7. Лучевые уравнения.
- 3.8. Амплитуда волны.
- 3.9. Многолучевость и каустики.
- 3.10. Радиосигнал в неоднородной среде.
- 3.11. Методы решения лучевых задач.
- 3.12. Лучи в плоскослоистых средах. Линейный безграничный слой. Кусочно-линейный профиль. Параболический (бесконечный) слой. Параболический слой конечной ширины. Волноводное распространение.
- 3.13. Теория возмущений в геометрических задачах. Решение уравнения эйконала методом возмущений.
- 3.14. Метод возмущений в траекторных задачах.

Раздел 4. Моделирование приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде

- 4.1. Средние характеристики геометрической волны в случайно неоднородной среде.
- 4.2. Пространственные, частотные и временные функции корреляции.
- 4.3. Применение приближения геометрической оптики для исследования влияния ионосферных неоднородностей на точность двухчастотных систем глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

4.4. Формулы первого приближения для ГНСС, двухчастотные ГНСС.

4.5. Формулы второго приближения, ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС.

4.6. Статистические характеристики ионосферных остаточных ошибки двухчастотных ГНСС.

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	Введение. Моделирование распространения волн в однородной среде	Лр1. Моделирование распространения волн в однородной среде	18	4	Защита Лр	ПК-2
2	Моделирование однократного рассеяния волн в неоднородных средах	Лр2. Моделирование однократного рассеяния волн в неоднородных средах	18	4	Защита Лр	ПК-2
3	Моделирование геометрического приближения в теории распространения волн в неоднородных средах	Лр3. Моделирование геометрического приближения в теории распространения волн в неоднородных средах	18	4	Защита Лр	ПК-2
4	Моделирование приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	Лр4. Моделирование приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	18	6	Защита Лр	ПК-2

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

№ п/н	Тема*	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Введение. Моделирование распространения волн в однородной среде	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок	ПК-2	ПК-2.2
2	Моделирование однократного рассеяния волн в неоднородных средах	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок	ПК-2	ПК-2.2
3	Моделирование геометрического приближения в теории распространения волн в неоднородных средах	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок	ПК-2	ПК-2.2
4	Моделирование приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок	ПК-2	ПК-2.2

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

а) Методические рекомендации по изучению практической части учебного модуля
Занятия учебного модуля представлены в виде лабораторных работ.

Цель – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом дисциплины.

Задачи – дать связанное, последовательное изложение материала, сообщить студентам основное содержание предмета в целостном, систематизированном виде.

Методы и средства проведения теоретических занятий

При изучении учебного модуля студенты должны посещать лекции, вести конспекты и самостоятельно прорабатывать по учебникам и электронным ресурсам вопросы, указанные преподавателем.

Отличительной особенностью данной дисциплины является большой объем математических выкладок. В ходе лекций предполагается рассматривать только их основные положения, а подробный вывод оставляется для внеаудиторной СРС.

б) Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

В разделе 6.1. студентам для самостоятельного углубленного изучения (параллельно с лекциями) предлагаются темы изучаемых разделов и график их изучения.

Оценка самостоятельной работы студентов осуществляется в ходе обсуждений вопросов по материалам лекций.

Для подготовки к обсуждениям рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в разделе 5 и распределенной по темам изучения в разделе 4.3.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Тинин М.В. Распространение радиоволн в неоднородных средах [Текст] : учеб. пособие / М. В. Тинин ; рец.: В. Б. Иванов, В. И. Куркин ; Иркут. гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2012. - Ч. 1 : Методы возмущений в волновых и лучевых задачах. - 2012. - 163 с. - Библиогр.: с. 163. - Б. ц.

б) периодические издания

в) список авторских методических разработок

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- на сайте ИГУ www.isu.ru и физического факультета ИГУ,
- интернет ресурсы в свободном доступе.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Класс ЭВМ, аудитория 323А, оснащенная 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: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. 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.
5. Modellus X 0.4. Условия использования по ссылке: <https://modellus-x.software.informer.com/0.4/> . Бессрочно.

6.3. Технические и электронные средства:

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

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Часть самостоятельной работы занимает выполнение промежуточных математических выкладок для закрепления наиболее значимых и сложных тем дисциплины.

Применяется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении лекций.

Текущий контроль реализуется при защите лабораторных работ ЛР1-ЛР4. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенции ПК-2.

Форма текущего контроля: собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к зачету требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе, получив при этом отметку о сдаче.

Примерные вопросы для текущего контроля:

1. Борновское приближение в волновой задаче.
2. Рассеяние на вытянутой неоднородности.
3. Рассеяние на метеорном следе.
4. Рассеяние на сплюснутой неоднородности.
5. Рассеяние в случайно неоднородной среде. Слоистые среды.
6. Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ).
7. Нормальное падение плоской волны на плоскостойкую среду.
8. Наклонное падение плоской волны на плоский слой.
9. Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.
10. Многолучевость и каустики.
11. Радиосигнал в неоднородной среде.
12. Лучи в линейном безграничном слое
13. Лучи в кусочно-линейном профиле
14. Лучи в параболическом (бесконечном) слое
15. Лучи в параболическом слое конечной ширины
16. Лучи при волноводном распространении
17. Теория возмущений в геометрических задачах.

Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета с оценкой).

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенции ПК-2 и проводится в форме зачета с оценкой. Форма проведения зачета – устный. Зачет проводится в соответствии с расписанием.

Примерный список вопросов к зачёту

- Борновское приближение в волновой задаче.
- Рассеяние на вытянутой неоднородности.
- Рассеяние на метеорном следе.
- Рассеяние на сплюснутой неоднородности.
- Рассеяние в случайно неоднородной среде. Слоистые среды.
- Одномерная геометрическая оптика (приближение ВКБ).
- Нормальное падение плоской волны на плоскостойкую среду.
- Наклонное падение плоской волны на плоский слой.
- Решение трехмерного волнового уравнения методом геометрической оптики.
- Многолучевость и каустики.
- Радиосигнал в неоднородной среде.
- Лучи в линейном безграничном слое
- Лучи в кусочно-линейном профиле

Лучи в параболическом (бесконечном) слое
Лучи в параболическом слое конечной ширины
Лучи при волноводном распространении
Теория возмущений в геометрических задачах.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ПК-2:

1. Какой метод можно использовать для моделирования распространения радиоволн в неоднородных средах в Wolfram Mathematica?
 - a) Метод конечных разностей
 - b) Метод конечных элементов
 - c) Метод Монте-Карло
 - d) Метод Галеркина
2. Какой инструмент в Wolfram Mathematica предназначен для создания и визуализации моделей распространения радиоволн?
 - a) Wolfram Language
 - b) Wolfram Alpha
 - c) Wolfram SystemModeler
 - d) Wolfram Cloud
3. Какой тип уравнений обычно используется для описания распространения радиоволн в пространстве?
 - a) Уравнения Максвелла
 - b) Уравнения Навье-Стокса
 - c) Уравнения Пуассона
 - d) Уравнения Лапласа
4. Какой параметр влияет на скорость распространения радиоволн в среде?
 - a) Частота радиоволн
 - b) Интенсивность радиоволн
 - c) Поляризация радиоволн
 - d) Длина волны радиоволн
5. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить численное решение уравнений распространения радиоволн?
 - a) Wolfram Alpha
 - b) Wolfram SystemModeler
 - c) Wolfram Language
 - d) Wolfram Finite Element Method
6. Какой тип граничных условий обычно используется при моделировании распространения радиоволн?
 - a) Граничные условия Неймана
 - b) Граничные условия Дирихле
 - c) Граничные условия Коши
 - d) Граничные условия Робина
7. Какой параметр описывает направление распространения радиоволн?
 - a) Угол падения
 - b) Угол отражения
 - c) Угол преломления
 - d) Угол дифракции
8. Какой метод в Wolfram Mathematica позволяет аналитически решать уравнения распространения радиоволн?
 - a) Метод конечных разностей
 - b) Метод конечных элементов
 - c) Метод аналитического решения
 - d) Метод Монте-Карло

9. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить оптимизацию параметров модели распространения радиоволн?
- Wolfram Alpha
 - Wolfram SystemModeler
 - Wolfram Language
 - Wolfram Optimization
10. Какой параметр определяет изменение скорости распространения радиоволны при ее прохождении через различные среды?
- Частота радиоволны
 - Длина волны радиоволны
 - Показатель преломления среды
 - Время распространения радиоволны
11. Какой инструмент в Wolfram Mathematica предоставляет возможности для статистической обработки данных, включая результаты моделирования распространения радиоволн?
- Wolfram Alpha
 - Wolfram SystemModeler
 - Wolfram Language
 - Wolfram Statistics
12. Какой тип математических моделей обычно используется при моделировании распространения радиоволн?
- Физические модели
 - Статистические модели
 - Эмпирические модели
 - Аналитические модели
13. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить параметрические исследования моделей распространения радиоволн?
- Wolfram Alpha
 - Wolfram SystemModeler
 - Wolfram Language
 - Wolfram ParametricPlot
14. Какой тип уравнений обычно используется для моделирования дисперсии и поглощения радиоволн в среде?
- Уравнения Максвелла
 - Уравнения Навье-Стокса
 - Уравнения Пуассона
 - Уравнения дисперсии и поглощения
15. Какой параметр характеризует изменение направления распространения радиоволны при ее прохождении через различные среды?
- Угол падения
 - Угол отражения
 - Угол преломления
 - Угол дифракции
16. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить анализ электромагнитной совместимости при распространении радиоволн?
- Wolfram Alpha
 - Wolfram SystemModeler
 - Wolfram Language
 - Wolfram Electromagnetic Compatibility Analysis
17. Какой параметр описывает зависимость интенсивности радиоволн от расстояния при их распространении в неоднородных средах?
- Затухание

- b) Фазовая скорость
- c) Поляризация
- d) Преломление

18. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить численный анализ и визуализацию результатов моделирования распространения радиоволн?

- a) Wolfram Alpha
- b) Wolfram SystemModeler
- c) Wolfram Language
- d) Wolfram Visualization Toolkit

19. Какой параметр определяет степень изгиба волн при их прохождении через неоднородные среды?

- a) Угол падения
- b) Угол отражения
- c) Угол преломления
- d) Угол дифракции

20. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить временные исследования моделей распространения радиоволн?

- a) Wolfram Alpha
- b) Wolfram SystemModeler
- c) Wolfram Language
- d) Wolfram Temporal Analysis

21. Какой параметр описывает изменение поляризации радиоволн при их распространении в среде?

- a) Частота радиоволн
- b) Длина волны радиоволн
- c) Показатель преломления среды
- d) Направление колебаний электрического поля

22. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить оптимизацию распределения параметров моделирования распространения радиоволн?

- a) Wolfram Alpha
- b) Wolfram SystemModeler
- c) Wolfram Language
- d) Wolfram Optimization Toolkit

23. Какой параметр описывает изменение интенсивности радиоволн при их распространении в среде?

- a) Затухание
- b) Фазовая скорость
- c) Поляризация
- d) Преломление

24. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить спектральный анализ моделей распространения радиоволн?

- a) Wolfram Alpha
- b) Wolfram SystemModeler
- c) Wolfram Language
- d) Wolfram Spectrum Analysis

25. Какой параметр описывает изменение фазы радиоволн при их распространении в среде?

- a) Затухание
- b) Фазовая скорость
- c) Поляризация
- d) Преломление

26. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить анализ и визуализацию результатов моделирования многолучевого распространения радиоволн?
- Wolfram Alpha
 - Wolfram SystemModeler
 - Wolfram Language
 - Wolfram Multipath Analysis
27. Какой параметр описывает изменение интенсивности радиоволн при их отражении от поверхности?
- Коэффициент отражения
 - Коэффициент преломления
 - Коэффициент поглощения
 - Коэффициент рассеяния
28. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить моделирование распространения радиоволн в трехмерных пространствах?
- Wolfram Alpha
 - Wolfram SystemModeler
 - Wolfram Language
 - Wolfram 3D Modeling
29. Какой параметр описывает изменение поляризации радиоволн при их отражении от поверхности?
- Коэффициент отражения
 - Коэффициент преломления
 - Коэффициент поглощения
 - Коэффициент рассеяния
30. Какой инструмент в Wolfram Mathematica позволяет проводить статистический анализ результатов моделирования распространения радиоволн?
- Wolfram Alpha
 - Wolfram SystemModeler
 - Wolfram Language
 - Wolfram Statistics Toolkit

Разработчики:



доцент, к.ф.-м.н.

С.И. Книжин

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 «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.