Приложение 3

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.

«20» апреля 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.В.ДВ.01.01 Волны в неоднородных средах**

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 №38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель _____ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 7 от «27» февраля 2023 г.

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

Иркутск 2023 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 7
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 10
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов....11
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)....11
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 11
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 12
6.1. Учебно-лабораторное оборудование 12
6.2. Программное обеспечение....12
6.3. Технические и электронные средства обучения....12
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ....12
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 12

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – обеспечить студента знаниями из области 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 современной теории распространения радиоволн, с методами решения волновых и лучевых задач.

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» и «Статистическая радиофизика».

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	*ИДК$_{ПК2.1}$ Способен организовывать в сфере своей профессиональной деятельности самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска в области радиофизики*	**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 4 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)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной 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	Введение. Распространение волн в однородной среде	1	16,2		2	2	0,2	12	Устный опрос, практические задания
2	Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	1	20,2		4	4	0,2	12	Устный опрос, практические задания
3	Геометрическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	1	21,2	2	4	4	0,2	13	Устный опрос, практические

									задания
4	Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	1	21,2	2	4	4	0,2	13	Устный опрос, практические задания
5	Метод плавных возмущений	1	21,2		4	4	0,2	13	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	Затраты времени (час.)		
1	Введение. Распространение волн в однородной среде	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок		12	Устный опрос, практические задания	Источники из списка литературы
1	Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок		12	Устный опрос, практические задания	Источники из списка литературы
1	Геометрическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок		13	Устный опрос, практические задания	Источники из списка литературы

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
1	Применение 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		13	Устный опрос, практические задания	Источники из списка литературы
1	Метод плавных возмущений	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме; - выполнение промежуточных математических выкладок		13	Устный опрос, практические задания	Источники из списка литературы
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				**63**		

4.3 Содержание учебного материала

Раздел 1. Введение. Распространение 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. Однократное рассеяние 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. Геометрическое приближение 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. Применение 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.

Раздел 5. Метод плавных возмущений
5.1. Решение параболического уравнения методом плавных возмущений.
5.2. Анализ решения и его связи с результатами геометрического приближения и теории однократного рассеяния.
5.3. Статистические характеристики волны в режиме слабых флуктуаций интенсивности.
5.4. Второе приближение метода плавных возмущений.
5.5. Ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС с учетом дифракционных эффектов.
5.6. Возможности многочастотных ГНСС в устранении ионосферных ошибок.

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. Распространение волн в однородной среде	Спектр сигнала. Параметры среды распространения. Волновое уравнение. Потенциалы. Уравнение Гельмгольца. Плоские волны. Сферическая волна и ее интегральные представления. Модификации постановки задачи распространения волн в неоднородных средах.	2		Практические задания	ПК-2
2	Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	Примеры однократного рассеяния	2		Практические задания	ПК-2
3	Однократное рассеяние волн в неоднородных средах	Рассеяние в случайно неоднородной среде. Средняя интенсивность и функции корреляции	2		Практические задания	ПК-2

		рассеянного поля				
4	Геометрическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	Нормальное падение плоской волны на плоскослоистую среду. Наклонное падение плоской волны на плоский слой	2	1	Практические задания	ПК-2
5	Геометрическое приближение в теории распространения волн в неоднородных средах	Решение уравнения эйконала методом характеристик. Лучевые уравнения	2	1	Практические задания	ПК-2
6	Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	Применение приближения геометрической оптики для исследования влияния ионосферных неоднородностей на точность двухчастотных систем глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Формулы первого приближения для ГНСС, двухчастотные ГНСС	2	1	Практические задания	ПК-2
7	Применение приближения геометрической оптики для описания распространения радиоволн в случайно неоднородной среде	Средние характеристики геометрической волны в случайно неоднородной среде	2	1	Практические задания	ПК-2
8	Метод плавных возмущений	Решение параболического уравнения методом плавных возмущений. Анализ решения и его связи с результатами геометрического приближения и теории	2		Практические задания	ПК-2

		однократного рассеяния.				
9	Метод плавных возмущений	Второе приближение метода плавных возмущений. Ионосферные остаточные ошибки двухчастотных ГНСС с учетом дифракционных эффектов	2		Практические задания	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. Распространение 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	Однократное рассеяние 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	Геометрическое приближение 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	Применение 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
5	Метод плавных возмущений	- текущая проработка материала лекций по своему конспекту; - изучение литературы по теме;	ПК-2	ПК-2.2

		- выполнение промежуточных математических выкладок		

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

а) Методические рекомендации по изучению теоретической части учебного модуля

Теоретические занятия учебного модуля представлены в виде лекций.

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

Задачи лекций – 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.

2. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев [и др.]. - М. : Ленанд, 2009. - 491 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 485-488. - Предм. указ.: с. 489-491. - ISBN 978-5-9710-0183-6

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

Ведение практических занятий сопровождается демонстрацией информации (мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материалов).

6.2. Программное обеспечение

не требуется

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

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.

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. Обсуждение вопросов по теме лекций.

Назначение обсуждений - мониторинг эффективности подготовки студентов в ходе обучения. Показателем эффективности подготовки студента является активное участие студента в обсуждении, участие в постановке вопросов и нахождения ответов на них.

Обсуждение вопросов проводится виде беседы. на каждую лекцию приходится один час осуждений.

Параметры оценочного средства

Предел длительности контроля	1 час
Предлагаемое количество вопросов из одного контролируемого раздела	неограниченно
Критерии оценки:	
«5», если	Студент демонстрирует готовность ответить на заданные вопросы, правильно отвечает на все поставленные вопросы, активно участвует в постановке вопросов, предъявляет

	полный объем математических выкладок, выполненных во время СРС
«4», если	Студент не демонстрирует готовность ответить на заданные вопросы, правильно отвечает на все поставленные вопросы, не проявляет инициативу в постановке вопросов для обсуждения, предъявляет неполный объем математических выкладок, выполненных во время СРС
«3», если	Студент неохотно отвечает на поставленные вопросы, ошибается при ответе, не проявляет инициативу в постановке вопросов для обсуждения, не предъявляет результатов математических выкладок, выполненных во время СРС

2. Решение практических заданий

Назначение оценочного средства и процесса защиты отчетов о выполнении практических заданий - мониторинг эффективности подготовки студентов в ходе обучения. Показателем эффективности подготовки студента является получение им балла, превышающего пороговое значение в 4 балла за один отчет.

Параметры оценочного средства

Критерии оценки	Оценка		
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания **(7-8 баллов)**	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки **(5 -6 баллов)**	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки **(3 -4 балла)**
Сдача отчета	Задание выполнено и сдано в срок **(2 балла)**		Задание сдано с задержкой **(1 балл)**

Итоговая оценка за выполнение практического задания вычисляется на основании суммирования баллов по каждому критерию. Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему 9 - 10 баллов, «хорошо» выставляется студенту, набравшему 6 - 8 баллов, «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему 4 - 5 баллов.

8.1.3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой.

К **зачету** допускается студент, выполнивший все виды промежуточного контроля на положительную оценку.

Зачет проводятся во время зачетной недели, в часы КСР (в письменном виде).

Примерный перечень вопросов к зачету

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 плоскослоистую 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.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенции ПК-2:

1. Источником электромагнитных волн является

А) статический электрический заряд

Б) постоянный электрический заряд, двигающийся с равномерной скоростью

В) электрический заряд, двигающийся с ускорением

Д) магнитный заряд, двигающийся с ускорением

2. Какая поляризация у естественного света

А) Линейная

Б) Круговая

В) Эллиптическая

Г) Никакая

3 Средний вектор Пойнтинга плоской электромагнитной волны $\vec{E} = \vec{E}_m \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$ равняется.

А) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = \frac{1}{2} \vec{E}_m{}^2 \frac{\vec{k}}{k}$

Б) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = 0$

В) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = \vec{E} \times \vec{H}$

Г) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = \frac{1}{2} \vec{E}_m \frac{\vec{k}}{k}$

4. Какое из утверждений правильное? Фазовая скорость электромагнитной волны

А) всегда меньше скорости света

Б) всегда меньше или равняется скорости света

В) может быть больше скорости света

Г) ни одно не верно

5. Электромагнитные волны являются

А) поперечными

Б) продольными

В) продольно-поперечными

Г) поперечно-продольными

6. Как поменяется длина волны при распространении электромагнитной волны в изотропной среде с диэлектрической проницаемостью равной 9.

А) увеличится в 9 раз

Б) уменьшится в 9 раз

В) увеличится в 3 раза

Г) уменьшится в 3 раза

7. Какой волновой фронт будет иметь электромагнитная волна, приходящая от бесконечно удаленного источника?

А) Сферический

Б) Плоский

В) Цилиндрический

Г) Конусообразный

8. Какой волновой фронт будет иметь электромагнитная волна, излучаемая точечным источником?

А) Сферический

Б) Плоский

В) Цилиндрический

Г) Конусообразный

9. Всегда ли волновой вектор перпендикулярен векторам напряженностей электрического и магнитного полей

А) нет, только для линейно поляризованной волны

Б) нет, только для круговой и эллиптически поляризованной волны

В) Всегда

Г) нет, только для сферической волны

10. Какое утверждение не верно?

А) Переменное электрическое поле порождает переменное магнитное поле

Б) Постоянное электрическое поле порождает постоянное магнитное поле

В) ускоренный заряд является источником напряженности магнитного поля

Г) равномерно движущийся заряд является источником напряженности электрического поля

11. Как изменится волновое число, если электромагнитная волна будет распространяться в среде с диэлектрической проницаемость равной 4

А) уменьшится в 4 раза

Б) увеличится в 4 раза

В) уменьшится в 2 раза

Г) увеличится в 2 раза

12. Куда направлен вектор плотности потока энергии электромагнитной волны?

А) Вдоль вектора напряженности электрического поля

Б) Вдоль вектора напряженности магнитного поля

Г) Вдоль волнового вектора

Д) Перпендикулярно волновому вектору

13. Чему равняется средний вектор Пойтинга стоячей электромагнитной волны $\vec{E} = \overrightarrow{E_m} \cos kx \cos \omega t$?

А) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = \frac{1}{2} \vec{E}_m{}^2 \frac{\vec{k}}{k}$

Б) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = 0$

В) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = \vec{E} \times \vec{H}$

Г) $\left\langle \vec{S} \right\rangle = \frac{1}{2} \vec{E}_m \frac{\vec{k}}{k}$

14. Если сложить две электромагнитные волны с левой и правой круговой поляризацией с одинаковыми волновыми числами, но с разными амплитудами, получится

А) Линейно поляризованная волна

Б) Волна с круговой поляризацией

В) Волна с эллиптической поляризацией

Г) С круговой или эллиптической поляризацией

15. Если сложить две электромагнитные волны с левой и правой круговой поляризацией с одинаковыми волновыми числами, с равными амплитудами, получится

А) Линейно поляризованная волна

Б) Волна с круговой поляризацией

В) Волна с эллиптической поляризацией

Г) С круговой или эллиптической поляризацией

16. Если сложить две линейно поляризованные электромагнитные волны с одинаковыми волновыми числами, с разными амплитудами и разницей фаз девяносто градусов, получится

А) Линейно поляризованная волна

Б) Волна с круговой поляризацией

В) Волна с эллиптической поляризацией

Г) С круговой или эллиптической поляризацией

17. Как изменится частота электромагнитной волны при приеме, если источник данной волны двигается к наблюдателю с равномерной скоростью 2,6*10^8.

А) увеличится примерно в 3,75 раз

Б) уменьшится примерно в 3,75 раз

В) увеличится примерно в 7,5 раз

Г) уменьшится примерно в 7,5 раз

18. Во сколько раз изменится фазовая скорость при переходе электромагнитной волны из воздуха в вакуум

А) Уменьшится в 1.5 раза

Б) Уменьшится в 2 раза

В) Не изменится

Г) Уменьшится в 1.8 раз

19. Отношение амплитуд отражённой и падающей волны при нормальном падении электромагнитной волны на границу раздела двух однородных диэлектриков с диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2.

А) $\frac{A'}{A} = \frac{\sqrt{\varepsilon_2} - \sqrt{\varepsilon_1}}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}}$

Б) $\frac{A'}{A} = \left(\frac{\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}} \right)^2$

В) $\frac{A'}{A} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}}$

Г) $\frac{A'}{A} = \frac{\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$

20. Какая будет разница фаз между напряженностью электрического поля для падающей волны перпендикулярно на границу раздела двух однородных диэлектриков и отраженной волны при условии, что диэлектрическая проницаемость в первой среде меньше, чем во второй.

А) 90 градусов

Б) 0 градусов

В) 45 градусов

Г) нельзя определить

21. Какая будет разница фаз между напряженностью магнитного поля для падающей волны перпендикулярно на границу раздела двух однородных диэлектриков и отраженной волны при условии, что диэлектрическая проницаемость в первой среде меньше, чем во второй.

А) 90 градусов

Б) 0 градусов

В) 45 градусов

Г) нельзя определить

22. При каких условиях коэффициент отражения будет равняться нулю при падении линейно поляризованной волны на границу раздела двух однородных диэлектриков.

А) Диэлектрическая проницаемость в первой среде больше, чем во второй

Б) Диэлектрическая проницаемость в первой среде меньше, чем во второй

В) Диэлектрическая проницаемость в первой среде равна диэлектрической проницаемости второй среды

Г) нельзя определить

23. При каких условиях при наклонном падении электромагнитной волны на границу раздела двух однородных диэлектриков не будет наблюдаться отраженной волны

А) Вектор напряженности электрического поля находится в плоскости падения; сумма углов падения и преломления составляет 90 градусов

Б) Вектор напряженности электрического поля перпендикулярен плоскости падения; сумма углов падения и преломления составляет 90 градусов

В) Вектор напряженности магнитного поля находится в плоскости падения; сумма углов падения и преломления составляет 90 градусов

Г) Вектор напряженности магнитного поля находится в плоскости падения; сумма углов падения и преломления составляет 45 градусов

24. При каких условиях при наклонном падении электромагнитной волны на границу раздела двух однородных диэлектриков не будет наблюдаться преломленной волны

А) Диэлектрическая проницаемость в первой среде больше, чем во второй; угол падения больше, чем арксинус отношения коэффициента преломления во второй среде к коэффициенту преломления в первой среде

Б) Диэлектрическая проницаемость в первой среде меньше, чем во второй; угол падения больше, чем арксинус отношения коэффициента преломления во второй среде к коэффициенту преломления в первой среде

В) Диэлектрическая проницаемость в первой среде больше, чем во второй; угол падения больше, чем арксинус отношения коэффициента преломления в первой среде к коэффициенту преломления во второй среде

Г) Диэлектрическая проницаемость в первой среде меньше, чем во второй; угол падения больше, чем арксинус отношения коэффициента преломления в первой среде к коэффициенту преломления во второй среде

25. Какой параметр характеризует степень изгибания волн при их прохождении через неоднородные среды?

А) Угол падения

Б) Угол отражения

В) Угол преломления

Г) Угол дифракции

26. Какой закон описывает изменение направления распространения волны при ее прохождении через границу раздела двух сред?

А) Закон Гука

Б) Закон Ома

В) Закон Ампера

Г) Закон Снеллиуса

27. Электромагнитная волна падает под углом на границу раздела двух сред. Первая среда имеет диэлектрическую проницаемость 4 вторая 1. При каком угле падения начнет наблюдаться полное отражение?

А) 90 градусов

Б) 45 градусов

В) 30 градусов

Г) 0 градусов

28. Что происходит с интенсивностью радиоволны при ее прохождении через неоднородную среду?

А) Она увеличивается

Б) Она уменьшается

В) Она остается неизменной

Г) Она зависит от поляризации волны

29. Какой параметр определяет изменение скорости распространения радиоволны при ее прохождении через разные среды?

А) Частота радиоволны

Б) Длина волны радиоволны

В) Показатель преломления среды

Г) Время распространения радиоволны

30. Какой параметр характеризует зависимость интенсивности радиоволн от расстояния при их распространении в неоднородных средах?

А) Затухание

Б) Фазовая скорость

В) Поляризация

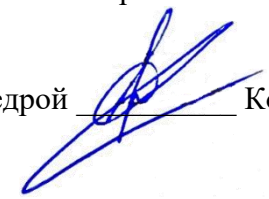
Г) Преломление

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
«27» февраля 2023 г. протокол № 7 от



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

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