

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
_____ Хагуров Т.А.
«___» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.02 Распространение электромагнитных волн
(Физика волновых процессов)

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки/специальность 03.03.03 Радиофизика
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация Радиофизические методы по областям применения
(наименование направленности (профиля)/ специализации)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация бакалавр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 Распространение электромагнитных волн (Физика волновых процессов) составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.03.03 Радиофизика

код и наименование направления подготовки

Программу составил:

Г.Ф. Копытов, профессор, доктор ф.-м. наук

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание


подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 Распространение электромагнитных волн (Физика волновых процессов) утверждена на заседании кафедры (разработчика) Радиофизики и нанотехнологий протокол № 7 « 14 » апреля 2021 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.

фамилия, инициалы

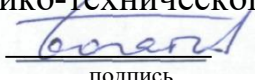

подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № 13 « 16 » апреля 2021 г.

Председатель УМК физико-технического факультета

Богатов Н.М.

фамилия, инициалы


подпись

Рецензенты:

_____ Тумаев Е.Н., доктор ф.-м. наук, профессор кафедры теоретической физики физико-технического факультета ФБГОУ ВО

_____ Медведев Ю.С., доктор тех. наук, профессор, заведующий 103 кафедрой математики и информатики Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков им. Героя Советского Союза А.К. Серова

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

1.2 Задачи дисциплины

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.В.02 Распространение электромагнитных волн (Физика волновых процессов)» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Для успешного изучения дисциплины необходимо знание основ линейной алгебры, математического анализа, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, теории функций комплексной переменной и общий курс физики.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
ПК-1 Способен корректно осуществлять постановку физических экспериментов в области физики и радиофизики, получать научные данные и использовать их в профессиональной деятельности	
ПК-1.1. Применяет современные методы анализа научно-технической информации	знает: особенности распространения электромагнитных волн во всем диапазоне частот, в процессах отражения и прохождения их в средах с различными электрофизическими параметрами
	умеет: рассчитывать основные характеристики электромагнитных полей в однородных и неоднородных средах
	владеет: классическими и современными методами расчета электромагнитных полей
ПК-1.2. Осуществляет анализ физических данных, обобщает результаты экспериментов и исследований, формулирует выводы	знает: физическую сущность процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах
	умеет: самостоятельно использовать основные методы радиофизических измерений
	владеет: методами проведения аналитических и численных расчетов; демонстрировать способность и готовность проведения аналитических и численных расчетов.
ПК-2 Способен проводить исследования и эксперименты в соответствии с установленными полномочиями	
ПК-2.1 Умеет ставить цели и задачи проводимых исследований	знает: методы и способы решения исследовательских задач, методики и способы проведения эксперимента, методы математической статистики
	умеет: использовать информационные ресурсы, научную, опытно-экспериментальную и приборную базу для проведения исследований в радиофизике, использовать информационные ресурсы при разработке методик и освоению новых методов научных исследований, анализировать полученные в опытах результаты с использованием методов математической статистики
	владеет: навыками формулирования результатов, полученных в ходе решения исследовательских задач,

Код и наименование индикатора*достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
	новыми методами исследования, навыками формулирования результатов, полученных в ходе решения исследовательских задач.
ПК-2.2 Составляет отчеты (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов	знает: основные методы и средства обработки результатов экспериментов
	умеет: определять требуемые методы и способы обработки результатов экспериментов
	владеет: практической обработки результатов экспериментов

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			5 семестр (144 часа)
Контактная работа, в том числе:		55,3	55,3
Аудиторные занятия (всего):		50	50
занятия лекционного типа		16	16
лабораторные занятия		34	34
Иная контактная работа:		5,3	5,3
Контроль самостоятельной работы (КСР)		5	5
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:		53	53
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям и т.д.)		23	23
Подготовка к текущему контролю		20	20
Контроль:		35,7	35,7
Общая трудоемкость	час.	144	144
	в том числе контактная работа	50,3	50,3
	зач. ед	4	4

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 5 семестре (3 курсе) (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Введение. Исходные понятия и используемый математический аппарат	25,5	4	-	8,5	13
2.	Основные законы теории электромагнитного поля	26	4	-	8,5	13,5
3.	Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Дифракция и отражение радиоволн.	26	4	-	8,5	13,5
4.	Электромагнитные волны в направляющих системах и поля резонаторов.	25,5	4	-	8,5	13
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>		103	16	-	34	53
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5				
	Подготовка к текущему контролю	20				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Общая трудоемкость по дисциплине	144				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Введение. Исходные понятия и используемый математический аппарат	Определение электромагнитного поля и его физических величин. Математический аппарат теории электромагнитного поля. Физические величины, характеризующие электромагнитное поле. Источники электромагнитного поля. Макроскопическая теория электромагнитного поля; единицы измерения электромагнитных величин в СИ; поля и операции векторного анализа: векторы и действия над ними, поле и операции векторного анализа. Пространственные дифференциальные операторы в теории поля.	Ответы на контрольные вопросы и задания
2.	Основные законы теории электромагнитного поля	Уравнения Максвелла в однородной и изотропной среде, материальные уравнения в диэлектрике и проводящей среде. Плоские гармонические волны в однородной среде, показатели поглощения и преломления. Диэлектрические потери. Поток энергии электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Закон сохранения энергии. Отражение и преломление волн на границе раздела. Зависимость модулей и фаз коэффициентов Френеля от угла падения на границу раздела. Угол Брюстера. Предельный угол полного отражения.	Ответы на контрольные вопросы и задания
3.	Электромагнитные волны в средах с дисперсией	Распространение электромагнитных волн в среде с дисперсией: зависимость от частоты фазовой скорости и амплитуды. Комплексное волновое число. Пространственная дисперсия. Уравнения Максвелла для среды с пространственной	Ответы на контрольные вопросы и задания

		дисперсией. Волновой вектор, магнитная проницаемость, проводимость. Частотная дисперсия диэлектрической проницаемости. Комплексный вектор поляризации среды. Распространение волн в средах со свободными зарядами. Плазма. Диэлектрическая проницаемость и проводимость при наличии подвижных зарядов. Плазменная частота. Поглощение электромагнитной волны при отражении и прохождении слоя плазмы.	
4.	Электромагнитные волны в направляющих системах и поля резонаторах.	Внешняя и внутренняя граничные задачи; первичное и вторичное электромагнитные поля. Постановка и решение граничной задачи о возбуждении волн в прямоугольном волноводе. Характеристики тп-волн в прямоугольном волноводе; критическая длина волны. Избирательные свойства прямоугольного волновода. Волна основного типа. Постановка и решение граничных задач о возбуждении волн в круглом волноводе. Характеристики пт-волн в круглом волноводе. Волна основного типа. Волны основного типа в коаксиальной линии и в микрополосковой линии. Постановка и решение граничных задач о возбуждения поля в прямоугольном резонаторе; тпр-типы колебаний, собственные резонансные частоты. Колебание основного типа в прямоугольном, цилиндрическом и коаксиальном резонаторах.	Ответы на контрольные вопросы и задания

2.3.2 Занятия семинарского типа (лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Введение. Исходные понятия и используемый математический аппарат	Решение задач по теме: элементы векторного и тензорного анализа.	Защита лабораторной работы (ЛР), проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания
2.	Основные законы теории электромагнитного поля	Решение задач по темам: статистические и стационарные электромагнитные поля, квазистатистические электромагнитные поля, плоские электромагнитные волны, распространение электромагнитных волн в различных средах	Защита лабораторной работы (ЛР), проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания
3.	Электромагнитные волны в средах с дисперсией	Решение задач по темам: электромагнитные волны с частотной дисперсией, распространение волн в средах со свободными зарядами, Поглощение	Защита лабораторной работы (ЛР), проверочная

		электромагнитной волны при отражении и прохождении слоя плазмы.	контрольная работа, проверка домашнего задания
4.	Электромагнитные волны в направляющих системах и поля резонаторах	Решение задач по темам: линии передачи с волнами типа Т; объемные резонаторы; элементарные излучатели, волноводы, поверхностные электромагнитные волны и замедляющие структуры;	Защита лабораторной работы (ЛР), проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых проектов

Не предусмотрено

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория колебаний», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.
2	Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория колебаний», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.
3	Подготовка к текущему контролю	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория колебаний», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.
4	Подготовка к практическим занятиям	Методические указания по решению задач по дисциплине «Теория колебаний», утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от «20» марта 2017 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.02 Распространение электромагнитных волн (Физика волновых процессов)».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, проверка домашних заданий, проверка отчетов по лабораторным работам, ответы на контрольные вопросы, приведенные в описаниях работ и на дополнительные вопросы, касающиеся соответствующих разделов основной дисциплины и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к экзамену.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ПК-1.1. Применяет современные методы анализа научно-технической информации	знает: особенности распространения электромагнитных волн во всем диапазоне частот, в процессах отражения и прохождения их в средах с различными	Контрольные вопросы 1-24 Задания для контрольной работы 1-28 Контрольные работы Материалы лекций Вопросы для устного (письменного) опроса по теме, разделу Опрос	Вопрос на экзамене 1-30

		электрофизическими параметрами умеет: рассчитывать основные характеристики электромагнитных полей в однородных и неоднородных средах владеет: классическими и современными методами расчета электромагнитных полей	Лабораторные работы с 1-4	
2	ПК-1.2. Осуществляет анализ физических данных, обобщает результаты экспериментов и исследований, формулирует выводы	знает: физическую сущность процессов и явлений, происходящих при распространении волн в однородных и неоднородных средах умеет: самостоятельно использовать основные методы радиофизических измерений владеет: методами проведения аналитических и численных расчетов; демонстрировать способность и готовность проведения аналитических и численных расчетов.	Лабораторные работы с 1-4 Задания для контрольной работы 1-28 Контрольные работы Опрос	Вопрос на экзамене 1-30
3	ПК-2.1 Умеет ставить цели и задачи проводимых исследований	знает: методы и способы решения исследовательских задач, методики и способы проведения эксперимента, методы математической статистики умеет: использовать информационные ресурсы, научную, опытно-экспериментальную и приборную базу для проведения исследований в радиофизике, использовать информационные ресурсы при разработке методик и освоению новых методов научных исследований, анализировать полученные в опытах результаты с использованием методов математической статистики владеет: навыками формулирования результатов, полученных	Лабораторные работы с 1-4 Задания для контрольной работы 1-28 Контрольные работы Опрос	Вопрос на экзамене 1-30

		в ходе решения исследовательских задач, новыми методами исследования, навыками формулирования результатов, полученных в ходе решения исследовательских задач.		
4	ПК-2.2 Составляет отчеты (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов	знает: основные методы и средства обработки результатов экспериментов умеет: определять требуемые методы и способы обработки результатов экспериментов владеет: практической обработки результатов экспериментов	Лабораторные работы с 1-4 Задания для контрольной работы 1-28 Контрольные работы Опрос	Вопрос на экзамене 1-30

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольные вопросы

1. Понятие волнового процесса. Амплитудные, фазовые соотношения. Волновое уравнение. Гармонические волны. Уравнение Гельмгольца. Комплексное волновое число.
2. Плоские волны в однородной и изотропной среде. Общее решение волнового уравнения. Фаза волны. Разложение на гармонические составляющие. Волновой вектор в комплексном представлении.
3. Уравнения Максвелла в однородной и изотропной среде, материальные уравнения в диэлектрике и проводящей среде. Понятие импеданса.
4. Плоские гармонические волны в однородной среде, показатели поглощения и преломления. Диэлектрические потери. Предельные случаи малых и больших потерь. Глубины проникновения волн внутрь среды.
5. Поток энергии электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Закон сохранения энергии.
6. Закон сохранения энергии при адиабатическом распространении звуковой волны. Плотность потока энергии упругой волны.
7. Поляризация электромагнитных волн. Множитель поляризации. Физический смысл параметров Стокса.
8. Отражение и преломление волн на границе раздела. Зависимость модулей и фаз коэффициентов Френеля от угла падения на границу раздела. Угол Брюстера. Предельный угол полного отражения. Структура поля электромагнитные волны при полном внутреннем отражении. Изменение амплитуды, фазы и поляризации волны.
9. Свойства электромагнитные волны при прохождении границы раздела диэлектрик - проводник.
10. Применение приближенных граничных условий Леонтовича при распространении волн над проводящей поверхностью. Расчет коэффициента Френеля для горизонтально поляризованных волн.
11. Распространение электромагнитные волны в среде с дисперсией: зависимость от частоты фазовой скорости и амплитуды. Комплексное волновое число. Пространственная дисперсия. Уравнения Максвелла для среды с пространственной дисперсией. Волновой вектор, магнитная проницаемость, проводимость.

12. Частотная дисперсия диэлектрической проницаемости. Комплексный вектор поляризации среды.
13. Связь между дисперсией и поглощением. Частотный спектр. Вывод и анализ соотношений Крамерса-Кронинга.
14. Дисперсия при распространении в диэлектриках. Учет поляризации среды. Модель Друде-Лоренца. Дисперсия и поглощение вблизи резонансных частот. Дисперсионная формула.
15. Распространение волн в средах со свободными зарядами. Плазма. Диэлектрическая проницаемость и проводимость при наличии подвижных зарядов. Плазменная частота. Поглощение электромагнитной волны при отражении и прохождении слоя плазмы.
16. Учет пространственной дисперсии среды: Негиротропные среды. Материальные уравнения. Анализ зависимости дисперсии от волнового вектора. Тензор диэлектрической проницаемости.
17. Учет пространственной дисперсии среды: Гиротропные среды. Анализ поведения продольных и поперечных волн вблизи резонансных частот. Эффект Фарадея.
18. Электромагнитные волны в анизотропных средах: Общие закономерности. Взаимное расположение векторов $\mathbf{E}$, $\mathbf{H}$, $\mathbf{k}$. Дисперсионное уравнение.
19. Структура поля над проводящей плоскостью для волн магнитного и электрического типа. Двухплоскостной волновод.
20. Открытые и закрытые линии передачи. Основные требования к линиям передачи.
21. Поля различных типов волн в волноводах. Режимы в волноводах.
22. Затухание волн в волноводах. Отражения в линиях передачи и необходимость их согласования.
23. Выбор размеров волновода по заданному диапазону рабочих частот и типу волны. Предельная и допустимая мощности в волноводе.
24. Максимально допустимая длина волноводной линии передачи. Методы возбуждения поля в волноводах.

Примерные задания для контрольной работы.

1. Плазменная частота.
2. Свободное распространение радиоволн.
3. Критическая частота для слоя ионосферы.
4. Влияние шероховатости отражающей поверхности.
5. Распространение электромагнитных волн при наличии экранирующих препятствий.
6. Распространение электромагнитных волн при антеннах, поднятых над плоской Землей в случае горизонтально поляризованной волны.
7. Распространение электромагнитных волн при антеннах, поднятых над плоской Землей в случае вертикально поляризованной волны.
8. Поверхностное распространение электромагнитных волн.
9. Напряженность поля электромагнитных волн, распространяющихся вдоль земной поверхности.
10. Взлетная и посадочная площадки.
11. Распространение электромагнитных волн вдоль неоднородной трассы.
12. Береговая рефракция.
13. Влияние сферичности отражающей поверхности
14. Распространение электромагнитных волн в тропосфере.

15. Атмосферная рефракция
16. Эквивалентный радиус Земли.
17. Виды атмосферной рефракции.
18. Поток энергии.
19. Вектор Умова-Пойнтинга.
20. Структура плоской и гармонической электромагнитной волны в изотропных средах.
21. Магнитоактивная плазма.
22. Двойное лучепреломление.
23. Поляризация электромагнитной волны.
24. Поглощение электромагнитных волн.
25. Тангенс угла потерь.
26. Структура электромагнитных волн в анизотропных средах.
27. Структура электромагнитных волн в магнитоактивной плазме.
28. Дисперсия. Частотная и пространственная.

Перечень лабораторных работ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1: Элементы векторного и тензорного анализа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2: Статистические и стационарные электромагнитные поля, квазистатические электромагнитные поля, плоские электромагнитные волны, распространение электромагнитных волн в различных средах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3: Электромагнитные волны с частотной дисперсией, распространение волн в средах со свободными зарядами, поглощение электромагнитной волны при отражении и прохождении слоя плазмы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4: Линии передачи с волнами типа Т; объемные резонаторы; элементарные излучатели, волноводы, поверхностные электромагнитные волны и замедляющие структуры.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Определение, основные характеристики и особенности электромагнитных волн.
2. Диапазоны электромагнитных волн.
3. Диапазоны электромагнитных волн радиодиапазона.
4. Влияние Земли на распространение электромагнитных волн.
5. Энергия электромагнитной волны и электромагнитная безопасность.
6. Волновые процессы, волновые уравнения.
7. Уравнение Гельмгольца.
8. Плоские волны в изотропной среде. Канонические волновые уравнения. Интерпретация решения для плоской волны.
9. Диэлектрическая проницаемость магнитоактивной плазмы.

10. Однородные и неоднородные плоские волны.
11. Структура электромагнитной волны.
12. Электромагнитные волны в изотропных средах. Вывод волнового уравнения.
13. Поток энергии. Вектор Умова-Пойнтинга.
14. Структура плоской и гармонической электромагнитной волны в изотропных средах.
15. Магнитоактивная плазма.
16. Двойное лучепреломление.
17. Поляризация электромагнитной волны.
18. Поглощение электромагнитных волн. Тангенс угла потерь.
19. Структура электромагнитных волн в анизотропных средах.
20. Структура электромагнитных волн в магнитоактивной плазме.
21. Дисперсия. Частотная и пространственная.
22. Плазменная частота.
23. Свободное распространение радиоволн.
24. Критическая частота для слоя ионосферы.
25. Вывод волнового уравнения электромагнитной волны в плазме; случай плоскостной среды.
26. Распространение электромагнитных (радиоволн) в плазме.
27. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Структура волны.
28. Групповая скорость электромагнитных волн.
29. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела.
30. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела земля-воздух. Коэффициент отражения вертикально поляризованной волны.
31. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела земля-воздух. Коэффициент отражения горизонтально поляризованной волны.
32. Распространение электромагнитных волн в диспергирующих средах
33. Дисперсия и волновые пакеты
34. Физические причины, приводящие к появлению дисперсии
35. Распространение сигнала (волнового пакета) в диспергирующей среде.
36. Дисперсия и волновые пакеты. Связь фазовой и групповой скорости
37. Распространение электромагнитных волн в плазме
38. Диэлектрическая проницаемость плазмы.

39. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах
40. Принцип Гюйгенса и зоны Френеля
41. Отражение электромагнитных волн от поверхности плоской Земли
42. Влияние шероховатости отражающей поверхности
43. Распространение электромагнитных волн при наличии экранирующих препятствий
44. Распространение электромагнитных волн при антеннах, поднятых над плоской Землей в случае горизонтально поляризованной волны.
45. Распространение электромагнитных волн при антеннах, поднятых над плоской Землей в случае вертикально поляризованной волны.
46. Поверхностное распространение электромагнитных волн.
47. Напряженность поля электромагнитных волн, распространяющихся вдоль земной поверхности.
48. Взлетная и посадочная площадки.
49. Распространение электромагнитных волн вдоль неоднородной трассы.
50. Береговая рефракция.
51. Влияние сферичности отражающей поверхности
52. Распространение электромагнитных волн в тропосфере
53. Атмосферная рефракция
54. Эквивалентный радиус Земли
55. Виды атмосферной рефракции

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопросы к экзамену

1. Понятие волнового процесса. Амплитудные, фазовые соотношения. Волновое уравнение. Гармонические волны. Уравнение Гельмгольца. Комплексное волновое число.
2. Плоские волны в однородной и изотропной среде. Общее решение волнового уравнения. Фаза волны. Разложение на гармонические составляющие. Волновой вектор в комплексном представлении.
3. Уравнения Максвелла в однородной и изотропной среде, материальные уравнения в диэлектрике и проводящей среде. Понятие импеданса.
4. Плоские гармонические волны в однородной среде, показатели поглощения и преломления. Диэлектрические потери. Предельные случаи малых и больших потерь. Глубины проникновения волн внутрь среды.
5. Поток энергии электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Закон сохранения энергии.
6. Поляризация электромагнитных волн. Множитель поляризации. Физический смысл параметров Стокса.

7. Отражение и преломление волн на границе раздела. Зависимость модулей и фаз коэффициентов Френеля от угла падения на границу раздела. Угол Брюстера. Предельный угол полного отражения. Структура поля электромагнитные волны при полном внутреннем отражении. Изменение амплитуды, фазы и поляризации волны.
8. Распространение электромагнитных волн в среде с дисперсией: зависимость от частоты фазовой скорости и амплитуды. Комплексное волновое число. Пространственная дисперсия. Уравнения Максвелла для среды с пространственной дисперсией. Волновой вектор, магнитная проницаемость, проводимость.
9. Частотная дисперсия диэлектрической проницаемости. Комплексный вектор поляризации среды.
10. Связь между дисперсией и поглощением. Частотный спектр. Дисперсия при распространении в диэлектриках. Учет поляризации среды. Модель Друде-Лоренца. Дисперсия и поглощение вблизи резонансных частот. Дисперсионная формула.
11. Распространение волн в средах со свободными зарядами. Плазма. Диэлектрическая проницаемость и проводимость при наличии подвижных зарядов.
12. Плазменная частота. Поглощение электромагнитной волны при отражении и прохождении слоя плазмы.
13. Распространение квазимонохроматической волны (волнового пакета) в среде с дисперсией. Разложение в спектр. Фазовая и групповая скорости. Расплывание волнового пакета.
14. Энергия электромагнитного поля в диспергирующей среде. Объемная плотность потока энергии.
15. Электромагнитные волны в анизотропных средах: Общие закономерности. Взаимное расположение векторов $\mathbf{E}$, $\mathbf{H}$, $\mathbf{k}$. Дисперсионное уравнение.
16. Электромагнитные волны в анизотропных средах: плоские волны в кристаллах. Дисперсионное уравнение Френеля. Поляризация волн. Лучевой вектор. Тензорный эллипсоид.
17. Оптические свойства кристаллов. Одноосный двуосный кристаллы. Лучевые поверхности. Фазовая и групповые скорости.
18. Преломление плоской волны на границе раздела. Законы преломления обыкновенной и необыкновенной волн.
19. Электромагнитные волны в магнитоактивных средах. Понятия гироэлектрической и гиромагнитной сред. Тензор диэлектрической проницаемости.
20. Распространение плоских высокочастотных волн в магнитоактивной плазме. Показатель преломления. Множитель поляризации.
21. Зависимость показателя преломления и множителя поляризации от направления распространения волны в плазме. Случаи продольного и поперечного распространения.
22. Структура поля над проводящей плоскостью для волн магнитного и электрического типа. Двухплоскостной волновод.
23. Поля различных типов волн в волноводах. Режимы в волноводах.
24. Затухание волн в волноводах. Отражения в линиях передачи и необходимость их согласования.
25. Выбор размеров волновода по заданному диапазону рабочих частот и типу волны. Предельная и допустимая мощности в волноводе.
26. Максимально допустимая длина волноводной линии передачи. Методы возбуждения поля в волноводах.
27. Линии передачи с волной типа Т. Уравнение Лапласа. Энергетические параметры линии передачи с волной типа Т.
28. Объемные резонаторы. Назначение резонаторов. Виды резонаторов. Свойства резонаторов.
29. Поля различных типов колебаний в резонаторах. Правила графического

изображения поля резонатора.

30. Собственные и резонансные частоты резонаторов. Добротность резонаторов.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

Основная литература:

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебник для вузов: - М.: Радио и связь. 2007. 559 с.
2. Муромцев Д.Ю. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие. - СПб.: Лань 2014
3. Гильденбург В.Б., Миллер М.А. Сборник задач по электродинамике: учебное пособие. - М.: Физматлит 2001. - 168с.

Дополнительная литература:

1. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред: учебное пособие. - М.: Физматлит 2005.
2. Фальковский О.И. Техническая электродинамика: учебник. - СПб.: Лань 2009
3. Барыкин В.Н. Электродинамика Максвелла без относительности Эйнштейна - М.: 2005

5.2. Периодическая литература

1. Базы данных компании «Ист Вью»<http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. В мире науки.
4. Известия ВУЗов. Серия: Радиофизика.
5. Известия ВУЗов. Серия: Радиоэлектроника.
6. Известия ВУЗов. Серия: Физика.
7. Успехи физических наук.
8. Физика. Реферативный журнал ВИНИТИ.
9. Электромагнитные волны и электронные системы.
10. Электроника.
11. Электроника. Реферативный журнал ВИНИТИ.
12. Электроника: наука, технология, бизнес.

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ»<https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley<https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ)<http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН<http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина<https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>

10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods
<https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
<https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов
(<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина
"Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу студентов отводится 40% времени от общей трудоемкости дисциплины. Сопровождение самостоятельной работы студентов организовано в следующих формах:

Самостоятельная работа призвана закрепить теоретические знания и практические навыки, полученные студентами на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Кроме того, часть времени, отпущенного на самостоятельную работу, должна быть использована на освоение теоретического материала по дисциплине и на подготовку к лабораторным занятиям.

В своей работе обучающийся может использовать: общие рекомендации по самостоятельной работе обучающихся; методические рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям; методические рекомендации по подготовке к семинарским (практическим/лабораторным) занятиям.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Аудитория 209С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Интерактивный проектор и магнитно-маркерная доска.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Аудитории 230С, 317С, 311С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Магнитно-маркерная доска, компьютерная техника с подключением к сети Интернет.
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория 205Са	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Оборудование необходимое для проведения лабораторных работ
Учебные аудитории для курсового проектирования Аудитория 311С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Компьютерная техника с подключением к сети Интернет

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
---	---	---

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 311С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.