

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.

подпись

«25» май 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.17 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ  
РАДИОВОЛН**

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль) Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

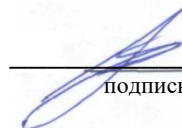
Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины Б1.О.17 Электродинамика и распространение радиоволн составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 11.03.01 Радиотехника  
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.О.17 Электродинамика и распространение радиоволн 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.О.17 Электродинамика и распространение радиоволн» относится к обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 2 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: зачет.

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

## 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))
<b>ПК-1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ</b>	
ПК-1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	знает: - типовые методы и средства выполнения расчетов и вычислительных работ в задачах математического моделирования электромагнитных полей, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах, процессов распространения радиоволн; - пакеты прикладных программ для моделирования и расчета объектов, процессов в радиотехнических, радиоэлектронных устройствах и инфокоммуникационных системах, процессов распространения радиоволн. Современные языки и средства программирования
	умеет: применять методы и средства выполнения расчетов и вычислительных работ, математического моделирования для решения практических задач распространения радиоволн, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах, в том числе, с применением стандартных пакетов прикладных программ. Разрабатывать алгоритмы и прикладные программы
	владеет: - методами расчета и моделирования процессов распространения радиоволн, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах; - практическими навыками применения пакетов прикладных программ для решения задач расчета и моделирования процессов распространения радиоволн, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах. Методами и навыками разработки программ и алгоритмов
<b>ПК-2 Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов</b>	

Код и наименование индикатора*достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
<p>ПК-2 Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов</p>	<p>знает: - последовательность, технику и методику проведения экспериментальных исследований в радиотехнике;  - основную аппаратуру для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов;  - последовательность и технику проведения измерений, наблюдений и экспериментов;  - методы обработки экспериментальных данных.</p> <p>умеет: - самостоятельно планировать и проводить экспериментальные исследования;  - выбирать оборудование и аппаратуру для проведения экспериментальных исследований, работать с современными средствами измерения и контроля радиоэлектронными приборами;  - проводить инструментальные измерения, статистическую обработку результатов исследований, оценить достоверность полученных результатов; - проверять соответствие выдвигаемых гипотез экспериментальным результатам.</p> <p>владеет: - средствами и методами постановки, проведения и обработки экспериментальных исследований;  - навыками выбора адекватных целям исследования технических средств и математических методов обработки экспериментальных данных;  - навыками интерпретации и анализа экспериментальных результатов, обобщения и составления отчетов по проведенным работам.</p>
<p><b>ПК-3 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования</b></p>	
<p>ПК-3 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования</p>	<p>знает: - Классификацию и виды радиоэлектронных устройств, деталей, узлов, систем. Принцип работы изучаемых радиоэлектронных устройств, деталей, узлов, систем. Методы расчета и проектирования радиотехнических деталей, узлов, устройств и систем с учетом заданных требований.  - Средства и методы автоматизации расчетов и проектирования радиоэлектронных устройств, деталей, узлов, систем</p> <p>умеет: -Формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных и радиотехнических устройств, деталей, узлов, систем.  - Владеть современными отечественными и зарубежными пакетами прикладных программ при решении схемотехнических, системных и сетевых задач.</p> <p>владеет: - Навыками постановки целей и задач проектирования деталей, узлов, радиоэлектронных и радиотехнических систем.  - Навыками разработки и анализа вариантов создания радиотехнических устройств, деталей, систем на основе синтеза накопленного опыта и знаний.  - Навыками практического использования пакетов и программных средств для расчета и проектирования радиоэлектронных устройств, деталей, узлов, систем.</p>

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 3 зачетных единиц (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ		Всего часов	Форма обучения	
			очная	
			4 семестр (108 часа)	
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		<b>54,2</b>	<b>54,2</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		<b>48</b>	<b>48</b>	
занятия лекционного типа		16	16	
лабораторные занятия		32	32	
<b>Иная контактная работа:</b>		<b>6,2</b>	<b>6,2</b>	
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	6	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2	
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		<b>53,8</b>	<b>53,8</b>	
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)		33,8	33,8	
Подготовка к текущему контролю		20	20	
<b>Контроль:</b>		<b>зачет</b>	<b>зачет</b>	
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>54,2</b>	<b>54,2</b>	
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 4 семестре (2 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	25,45	4	-	8	13,45
2.	Основные законы теории электромагнитного поля	25,45	4	-	8	13,45
3.	Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Дифракция и отражение радиоволн.	25,45	4	-	8	13,45
4.	Электромагнитные волны в направляющих системах и полях резонаторов.	25,45	4	-	8	13,45
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	101,8	16	-	32	53,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	6				
	Подготовка к текущему контролю	20				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Общая трудоёмкость по дисциплине	108				

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	<p>Определение электромагнитного поля и его физических величин. Математический аппарат теории электромагнитного поля. Физические величины, характеризующие электромагнитное поле. Источники электромагнитного поля.</p> <p>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.</p> <p>Пространственные дифференциальные операторы в теории поля.</p>	Устный опрос, решение задач
2.	Основные законы теории электромагнитного поля	<p>электромагнитное поле как особые виды материи. Связь между электрическими и магнитными явлениями. Электрическое и магнитное поля как две стороны единого электромагнитного поля. Связь заряда частиц и тел с их электрическим полем. Теорема Гаусса. Характеристики электромагнитного поля; система уравнений электродинамики; граничные условия электродинамики; основные теоремы электродинамики. Плоская однородная волна и ее параметры; распространение плоских электромагнитных волн в различных средах; виды поляризации электромагнитных волн; отражение и преломление плоских электромагнитных волн.</p>	Устный опрос, решение задач
3.	Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Дифракция и отражение радиоволн.	<p>Краткая характеристика и модели земных радиолиний. Поле излучателя, высоко поднятого над земной поверхностью (первая модель). Анализ интерференционной формулы. Формула Введенского. Расчет поля с учетом влияния сферичности Земли, приведенные высоты (вторая модель). Влияние тропосферы на распространение радиоволн, нормальная рефракция, эквивалентный радиус Земли. Влияние ионосферы на распространение радиоволн, уравнение движения электронов в электрическом поле; диэлектрическая проницаемость и собственная частота плазмы. Преломление и отражение радиоволн в</p>	Устный опрос, решение задач

		<p>ионосфере, условие отражения, закон секанса. Влияние на распространение радиоволн магнитного поля Земли; тензор диэлектрической проницаемости плазмы. Распространение радиоволн вдоль подмагничивающего поля в плазме: нормальные волны; эффект Фарадея в плазме и в ферритах. Особенности распространение радиоволн различных диапазонов. Лемма Лоренца, теорема взаимности, уравнение радиосвязи. Теорема эквивалентных поверхностных токов, принцип Гюйгенса-Френеля. Направленные свойства элемента Гюйгенса. Дифракция на отверстиях в экране. Дифракция Фраунгофера, критерий дальней зоны. Дифракция Френеля. Множитель влияния непрозрачной полуплоскости. Отражение плоской волны от границы раздела двух сред. Коэффициенты Френеля. Анализ основных явлений на границе раздела двух сред. Критерий Рэлея.</p>	
4.	<p>Электромагнитные волны в направляющих системах и поля резонаторов.</p>	<p>Внешняя и внутренняя граничные задачи; первичное и вторичное электромагнитные поля. Постановка и решение граничной задачи о возбуждении волн в прямоугольном волноводе. Характеристики <math>mn</math>-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 <math>nm</math>- 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; <math>mnp</math>-типы колебаний, собственные резонансные частоты. Колебание основного типа в прямоугольном, цилиндрическом и коаксиальном резонаторах.</p>	<p>Устный опрос, решение задач</p>

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	<p>Введение. Исходные понятия и используемый математический аппарат</p>	<p>Лабораторная работа № 1 Изучение схемы учебной установки</p>	<p>Защита лабораторной работы (ЛР)</p>
		<p>Лабораторная работа № 2 Исследование усилителя мощности радиочастоты</p>	
2.	<p>Основные законы теории</p>	<p>Лабораторная работа № 3 Исследование умножителя частоты</p>	<p>Защита лабораторной работы (ЛР)</p>
		<p>Лабораторная работа № 4 Исследование</p>	

	электромагнитного поля	нестабильности частоты автогенератора	
3.	Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Дифракция и отражение радиоволн.	Лабораторная работа № 5 Исследование амплитудной модуляции	Защита лабораторной работы (ЛР)
		Лабораторная работа № 6 Отражение электромагнитных волн	
4.	Электромагнитные волны в направляющих системах и поля резонаторах	Лабораторная работа № 7 Прямоугольный волновод	Защита лабораторной работы (ЛР)
		Лабораторная работа № 8 Распространение радиоволн в свободном пространстве	

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.О.17 Электродинамика и распространение радиоволн».

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

#### 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 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в	знает: - типовые методы и средства выполнения расчетов и вычислительных работ в задачах математического моделирования	Контрольные вопросы 1-18 Практические задания 1-12 Контрольные работы Материалы лекций	Вопрос на зачете 1-35

	<p>том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ</p>	<p>электромагнитных полей, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах, процессов распространения радиоволн;</p> <p>- пакеты прикладных программ для моделирования и расчета объектов, процессов в радиотехнических, радиоэлектронных устройствах и инфокоммуникационных системах, процессов распространения радиоволн. Современные языки и средства программирования умеет: применять методы и средства выполнения расчетов и вычислительных работ, математического моделирования для решения практических задач распространения радиоволн, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах, в том числе, с применением стандартных пакетов прикладных программ. Разрабатывать алгоритмы и прикладные программы владеет: - методами расчета и моделирования процессов распространения радиоволн, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных системах;</p> <p>- практическими навыками применения пакетов прикладных программ для решения задач расчета и моделирования процессов распространения радиоволн, объектов и процессов в радиоэлектронных и инфокоммуникационных</p>	<p>Вопросы для устного (письменного) опроса по теме, разделу Опрос Курсовой проект</p>	
--	---	---	--	--

		системах. Методами и навыками разработки программ и алгоритмов		
2	ПК-2 Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов	<p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- последовательность, технику и методику проведения экспериментальных исследований в радиотехнике;</li> <li>- основную аппаратуру для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов;</li> <li>- последовательность и технику проведения измерений, наблюдений и экспериментов;</li> <li>- методы обработки экспериментальных данных.</li> </ul> <p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельно планировать и проводить экспериментальные исследования;</li> <li>- выбирать оборудование и аппаратуру для проведения экспериментальных исследований, работать с современными средствами измерения и контроля радиоэлектронными приборами;</li> <li>- проводить инструментальные измерения, статистическую обработку результатов исследований, оценить достоверность полученных результатов;</li> <li>- проверять соответствие выдвигаемых гипотез экспериментальным результатам.</li> </ul> <p>владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средствами и методами постановки, проведения и обработки экспериментальных исследований;</li> <li>- навыками выбора адекватных целям исследования технических средств и математических методов обработки экспериментальных данных;</li> </ul>	<p>Практические задания 1-12</p> <p>Контрольные работы</p> <p>Опрос</p> <p>Курсовой проект</p>	<p>Вопрос на зачете 1-35</p>

		<p>- навыками интерпретации и анализа экспериментальных результатов, обобщения и составления отчетов по проведенным работам.</p>		
3	<p>ПК-3 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования</p>	<p>знает: - Классификацию и виды радиоэлектронных устройств, деталей, узлов, систем. Принцип работы изучаемых радиоэлектронных устройств, деталей, узлов, систем. Методы расчета и проектирования радиотехнических деталей, узлов, устройств и систем с учетом заданных требований.</p> <p>- Средства и методы автоматизации расчетов и проектирования радиоэлектронных устройств, деталей, узлов, систем</p> <p>умеет: -Формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных и радиотехнических устройств, деталей, узлов, систем.</p> <p>- Владеть современными отечественными и зарубежными пакетами прикладных программ при решении схемотехнических, системных и сетевых задач.</p> <p>владеет: - Навыками постановки целей и задач проектирования деталей, узлов, радиоэлектронных и радиотехнических систем.</p> <p>- Навыками разработки и анализа вариантов создания радиотехнических устройств, деталей, систем на основе синтеза накопленного опыта и знаний.</p> <p>- Навыками практического использования пакетов и программных средств для расчета и проектирования радиоэлектронных</p>		<p>Вопрос на зачете 1-35</p>

		устройств, деталей, узлов, систем.		
--	--	------------------------------------	--	--

**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 волны. Одномерное волновое уравнение.
2. Фазовая скорость. Импеданс (волновое сопротивление) среды.
3. Отражение и прохождение волн.
4. Согласование импедансов двух сред. Стоячие волны.
5. Групповая скорость.
6. Вывод волнового уравнения идеальной линии передачи.
7. Вывод волнового уравнения для линии с потерями.
8. Связь волнового сопротивления линии передачи без потерь с ее параметрами.
9. Вывести выражение для затухания и волнового числа в линии с потерями.
10. Поучить выражение для амплитудных коэффициентов отражения и прохождения для токов и напряжений в линии передачи, нагруженной на сопротивление  $Z_L$ .
11. Уравнения Максвелла.
12. Электромагнитные волны в среде без потерь.
13. Электромагнитные волны в среде с потерями (среда диэлектрик).
14. Электромагнитные волны в среде с потерями (среда проводник).
15. Критерий разделения сред на диэлектрики и проводники.
16. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела двух сред.
17. Отражение при горизонтальной падающей поляризации волны.
18. Отражение и преломление при вертикальной поляризации падающей волны.
19. Коэффициенты отражения для различных сред. Случай произвольной поляризации падающей электромагнитной волны.
20. Распространение радиоволн в неоднородных средах. Приближение геометрической оптики.
21. Геометрическая оптика слоисто-неоднородной среды.
22. Рефракция лучей в плоскостойкой среде. Условие применимости метода геометрической оптики.
23. Векторный и скалярный потенциалы.
24. Уравнения Даламбера. Калибровка Лоренца.
25. Решение уравнений Даламбера. Поле вокруг линейного провода.
26. Напряженность электрического поля и векторного потенциала элементарного вибратора.
27. Три зоны поля вибратора. Ближняя зона. Дальняя зона. Промежуточная зона.
28. Напряженность электрического поля в дальней зоне в свободном пространстве. Диаграмма направленности элементарного вибратора. Мощность, излучаемая вибратором. Сопротивление излучения вибратора.
29. Общий вид решения волновых уравнений в волноводах. Дисперсия в волноводах.
30. Типы волн в волноводах. Волны без дисперсии.
31. Прямоугольный волновод. ТЕ-мода. ТМ-мода.
32. Основная мода. Коаксиальный волновод.

### **Перечень контрольных работ**

Лабораторная работа № 1 Изучение схемы учебной установки  
Лабораторная работа № 2 Исследование усилителя мощности радиочастоты  
Лабораторная работа № 3 Исследование умножителя частоты  
Лабораторная работа № 4 Исследование нестабильности частоты автогенератора  
Лабораторная работа № 5 Исследование амплитудной модуляции  
Лабораторная работа № 6 Отражение электромагнитных волн  
Лабораторная работа № 7 Прямоугольный волновод  
Лабораторная работа № 8 Распространение радиоволн в свободном пространстве

### Вопросы для самостоятельной работы

1. Законы и система уравнений электродинамики
2. Уравнения, учитывающие параметры среды
3. Система уравнений Максвелла
4. Граничные условия электродинамики
5. Энергия электромагнитного поля. Закон сохранения энергии.
6. Вектор Пойтинга.
7. Теорема о единственности решений задач электродинамики
8. Внутренняя и внешняя задачи электродинамики.
9. Электродинамические потенциалы и волновые уравнения.
10. Виды постоянных во времени электромагнитных полей
11. Электростатическое и магнитостатическое поле
12. Стационарное электромагнитное поле
13. Квазистационарное электромагнитное поле часть
14. Плоская однородная электромагнитная волна
15. Поляризация электромагнитных волн.
16. Отражение и преломление плоской волны у поверхности раздела двух сред. Плоскость падения.
17. Приближенные граничные условия Леонтовича - Щукина.
18. Распространение радиоволн в анизотропных средах, активные и нелинейные среды.
19. Понятие о направляющих системах и направляемых волнах
20. Классификация направляемых волн: Т, Е, Н и гибридные волны.
21. Е и Н - волны. Общие свойства Е и Н - волн: взаимная ориентация векторов поля характеристическое сопротивление
22. Т-волны. Свойства Т-волн: взаимная ориентация векторов, характеристическое сопротивление. Формулировка краевой задачи для Т-волны.
23. Независимость поперечной структуры поля от частоты.
24. Дисперсия.
25. Е и Н-волны в полых металлических волноводах. Решение краевой задачи для прямоугольных волноводов.
26. Структура полей Е и Н-волн.
27. Типы полосковых линий.
28. Замедляющие системы. Типы замедляющих систем.
29. Передача электромагнитной энергии по направляющим системам.
30. Требования, предъявляемые к направляющим системам.
31. Электромагнитные поля в объемных резонаторах
32. Излучение электромагнитных волн в свободное пространство.
33. Дифракция электромагнитных волн. Явление и задачи дифракции
34. Предельные случаи: предел геометрической оптики и квазистационарный предел.

35. Диапазон радиоволн. Основные трассы распространения радиоволн.
36. Распространение радиоволн в свободном пространстве.
37. Распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли. Влияние земной поверхности на распространение радиоволн
38. Плоская модель земной поверхности.
39. Метод зеркальных изображений.
40. Короткие волны; зона молчания; явление замирания и эхо.
41. Средние волны: особенности распространения в дневное и ночное время; явление замирания; антифединговые антенны.
42. Тропосферное распространение радиоволн.
43. Особенности распространения электромагнитных волн оптического диапазона.
44. Распространение радиоволн в условиях пересеченной местности и при наличии препятствий.
45. Особенности расчета поля в точке приема

### **Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)**

#### **Вопросы к зачету**

1. Основные законы теории электромагнитного поля. Характеристики электромагнитного поля. Электрические заряды. Электрические токи. Собственные векторы электромагнитного поля и электромагнитные параметры среды.
2. Система уравнений электродинамики в общем виде. Граничные условия электродинамики в общем виде. Частные случаи граничных условий электродинамики.
3. Основные теоремы электродинамики. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга. Вектор Пойнтинга.
4. Теорема единственности решения основных уравнений электродинамики. Электродинамические потенциалы и волновые уравнения. Теорема взаимности.
5. Система уравнений электродинамики в комплексной форме. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь.
6. Система уравнений электростатики. Скалярный электростатический потенциал и его определение. Граничные условия электростатики.
7. Емкость. Энергия электростатического поля. Прямая и обратная задачи электростатики.
8. Система уравнений стационарного магнитного поля. Прямая задача стационарного магнитного поля. Векторный потенциал магнитного поля.
9. Граничные условия для стационарного магнитного поля. Магнитостатика. Индуктивность. Энергия стационарного магнитного поля.
10. Плоская однородная волна и ее параметры. Плоская однородная волна; фронт волны, длина волны, фазовая и групповая скорости, коэффициент фазы, волновое сопротивление.
11. Распространение плоских электромагнитных волн в однородном изотропном идеальном диэлектрике.
12. Распространение плоских электромагнитных волн в однородных проводящих и поглощающих средах. Поверхностный эффект.
13. Виды поляризации электромагнитных волн. Плоскость поляризации. Эллиптическая, круговая и линейная поляризации волн.
14. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн. Законы отражения и преломления. Коэффициенты отражения и преломления.
15. Явление полного внутреннего отражения плоских электромагнитных волн. Коэффициенты Френеля для вертикально и горизонтально поляризованных волн. Угол Брюстера.
16. Анизотропные среды. Гиротропия. Анизотропные свойства ферритов в

постоянном магнитном поле.

17. Физические процессы в ферритах при распространении электромагнитной волны. Гиротропные среды.

18. Продольное и поперечное распространение электромагнитных волн в гиротропной среде. Ферритовые устройства СВЧ.

19. Эффект Фарадея. Ферромагнитный резонанс. Эффект Коттон-Мутона. Вентили, циркуляторы и фазовращатели на ферритах.

20. Структура поля над проводящей плоскостью.

21. Структура поля над проводящей плоскостью для волн магнитного и электрического типа. Двухплоскостной волновод.

22. Открытые и закрытые линии передачи. Основные требования к линиям передачи.

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. Энергитические 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.

31. Электродинамические параметры земной поверхности. Атмосфера Земли и ее строение.

32. Влияние тропосферы и ионосферы на распространение радиоволн. Отражение радиоволн от ионосферных слоев.

33. Формула идеальной радиопередачи. Множитель ослабления.

34. Распространение сверхдлинных (мираметровых), длинных (километровых) и средних (гектометровых) волн.

35. Методы исследования нелинейных динамических систем.

## **Критерии оценивания результатов обучения**

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает формы колебаний и колебательных систем, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять усвоенный материал, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры по теории колебаний, довольно ограниченный объем знаний программного усвоенного материала.

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. Иванов, А. Е. Электродинамика: учебник / А. Е. Иванов, С. А. Иванов. - Москва : КНОРУС, 2012. - 565 с.
3. Муромцев Д.Ю. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие. – СПб.: Лань 2014
4. 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.: Знание, 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 ВИНТИ.
9. Электромагнитные волны и электронные системы.
10. Электроника.
11. Электроника. Реферативный журнал ВИНТИ.

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](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://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](http://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.prlib.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.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы[http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/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.

Вся работа по организации выбора студентами тем курсовых проектов и закреплению научных руководителей проводится кафедрой оптоэлектроники, совместно с заведующим кафедрой.

Примерная тематика курсового проектирования разрабатывается и ежегодно обновляется кафедрой. Закрепление за студентами тем курсовых проектов производится по их личным заявлениям на имя декана или зав кафедрой, по согласованию с научным руководителем возможно корректировка выбранной темы. В дальнейшем студент и научный руководитель составляет задание с подробным планом по выполнению курсового проекта. Подробная информация по требованиям к курсовому проектированию располагается на сайте кафедры оптоэлектроники в документе Методические указания по выполнению курсовых проектов: <http://ftf.kubsu.ru/htmlfiles/dip/MetodUk2018.rtf> и <https://moodle.kubsu.ru/enrol/index.php?id=378>

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-	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную 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)	образовательную среду университета.
--	--	-------------------------------------