

Аннотация

Дисциплина «Электромагнитные поля и волны» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» направленности «Коммуникационные технологии Интернета вещей». Дисциплина реализуется кафедрой «№21».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с:

- основами электромагнитных явлений, свойствами электромагнитных полей и законами, позволяющими математически описывать электромагнитные поля и волны;
- основными уравнениями электродинамики;
- статическими и стационарными полями;
- основными методами и теоремами, используемыми при решении различных электродинамических задач;
- основами излучения, дифракции и распространения электромагнитных волн в свободном пространстве, в изотропных, анизотропных и диспергирующих средах, а также в направляющих системах;
- практическими навыками по экспериментальному исследованию явлений электромагнитного поля.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *(лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента)*.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Основными целями преподавания дисциплины «Электромагнитные поля и волны» являются:

- ознакомление студентов с основами электромагнитных явлений, свойствами электромагнитных полей и законами, позволяющими математически описывать электромагнитные поля и волны;
- изучение основных уравнений электродинамики;
- изучение статических и стационарных полей;
- ознакомление с основными методами и теоремами, используемыми при решении различных электродинамических задач;
- изучение основ излучения, дифракции и распространения электромагнитных волн в свободном пространстве, в изотропных, анизотропных и диспергирующих средах, а также в направляющих системах;
- получение практических навыков по экспериментальному исследованию явлений электромагнитного поля.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.3.1 знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации ОПК-1.У.1 умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.В.1 владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- Математика. Математический анализ (Б.1.Б.10.2)
- Физика (Б.1.Б.11)

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Сети и системы мобильной связи (Б.1.В.12)
- Общая теория связи (Б.1.Б.24)

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	8	8
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	57	57
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1.

Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и

видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Введение	2				
Раздел 2. Система уравнений электромагнитного поля	4				
Раздел 3. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля	3				
Раздел 4. Волновые уравнения и электродинамические потенциалы	4				6
Раздел 5. Основные методы и теоремы, используемые при решении задач электродинамики	4		7		6
Раздел 6 Излучение электромагнитных волн	6		2		4
Раздел 7 Плоские электромагнитные волны	4		2		10
Раздел 8 Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы	3		6		16
Раздел 9 Статические и стационарные поля	2				8
Раздел 10 Электромагнитная совместимость	2				7

Итого в семестре:	34		17		57	
	Итого	34	0	17	0	57

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.
Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Тема 1.1	Предмет электродинамики, определение электромагнитного поля, источники возникновения электромагнитного поля. Предмет электродинамики. Дуализм свойств электромагнитного поля. Энергия и масса электромагнитного поля. Электромагнитное поле как особый вид материи. Источники электромагнитного поля
Тема 1.2	Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности постоянного тока Объемная плотность электрического заряда. Поверхностная плотность электрического заряда. Линейная плотность электрического заряда. Электрический ток проводимости. Плотность электрического тока проводимости. Закон сохранения электрического заряда. Уравнение непрерывности постоянного тока
Тема 1.3	Векторы электромагнитного поля. Графическое изображение векторных полей Напряженность электрического поля. Ее физический смысл. Электрическое смещение. Поляризованность вещества. Электрическая постоянная, абсолютная и относительная диэлектрические проницаемости вещества. Абсолютная диэлектрическая восприимчивость вещества. Магнитная индукция и ее физический смысл. Напряженность электрического поля. Ее физический смысл. Намагниченность вещества. Абсолютная магнитная восприимчивость вещества. Магнитная постоянная, абсолютная и относительная магнитные проницаемости. Графическое изображение векторных полей
Тема 1.4	Электромагнитные параметры сред. Классификация сред по электрическим и магнитным свойствам. Закон Ома в дифференциальной форме. Материальные уравнения поля. Классификация сред по электрическим свойствам: проводники, диэлектрики и полупроводящие среды (среды с потерями). Классификация сред по магнитным свойствам: ферромагнетики, парамагнетики и диамагнетики. Понятие идеального проводника. Понятие идеального диэлектрика. Линейные и нелинейные среды. Однородные и неоднородные среды. Изотропные и анизотропные среды
Тема 2.1	Уравнения Максвелла в интегральной форме и их физический смысл. Принцип непрерывности магнитного потока Закон полного тока для постоянного магнитного поля в любой среде. Обобщенный закон полного тока в интегральной форме и его физический смысл. Явление электромагнитной индукции. Обобщенный закон электромагнитной индукции и его физический смысл. Равенства Гаусса-Остроградского для электрической и магнитной индукции. Третье и четвертое уравнения Максвелла в интегральной форме и их физический смысл. Сводка уравнений Максвелла в интегральной форме. Принцип непрерывности магнитного потока
Тема 2.2	Уравнения Максвелла в дифференциальной форме и их физический смысл. Уравнение непрерывности тока Первое уравнение Максвелла в дифференциальной форме и его физический смысл. Второе уравнение Максвелла и его физический смысл. Закон сохранения электрического заряда в дифференциальной форме. Уравнение непрерывности постоянного электрического тока в дифференциальной форме. Третье и четвертое уравнения Максвелла в

	дифференциальной форме и их физический смысл. Сводка уравнений Максвелла в дифференциальной форме. Представление векторных уравнений Максвелла в скалярном виде
Тема 2.3	Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Условия на границе идеального проводника Постановка задачи. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электрического поля. Граничные условия для тангенциальных составляющих векторов магнитного поля. Граничные условия для тангенциальных составляющих векторов электрического поля. Поле на границе идеального проводника
Тема 2.4	Уравнения Максвелла в комплексной форме Представление гармонических колебаний в комплексной форме. Метод комплексных амплитуд. Уравнения Максвелла в комплексной форме и их физический смысл. Граничные условия для комплексных векторов электромагнитного поля
Тема 2.5	Комплексная диэлектрическая проницаемость и относительность классификации сред по электрической проводимости Введение понятия комплексной диэлектрической проницаемости. Критерий классификации сред по электрическим свойствам и его зависимость от частоты. Тангенс угла наклона диэлектрических потерь
Тема 2.6	Сторонние силы электрического и магнитного типа и полная симметричная система уравнений электромагнитного поля Сторонние токи и заряды. Несимметричная система уравнений электромагнитного поля. Сторонние магнитные силы и симметричная система уравнений поля. Граничные условия при наличии сторонних сил электрического и магнитного типов
Тема 3.1	Энергия и мощность электромагнитного поля Уравнение баланса мощностей электромагнитного поля, постановка задачи
Тема 3.2	Теорема Пойтинга о балансе энергии электромагнитного поля в дифференциальной, интегральной и комплексной формах Теорема Пойтинга о балансе энергии электромагнитного поля в дифференциальной форме. Теорема Пойтинга о балансе энергии электромагнитного поля в интегральной форме. Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Плотность энергии электрического поля. Плотность энергии магнитного поля. Плотность запасенной электромагнитной энергии. Теорема Пойтинга о балансе энергии электромагнитного поля в комплексной форме
Тема 3.3	Вектор Умова-Пойтинга и его физический смысл, скорость движения энергии Вектор Умова-Пойтинга, его физический смысл и размерность. Среднее за период значение вектора Пойтинга. Скорость движения электромагнитной энергии
Тема 4.1	Волновые уравнения для векторов электромагнитного поля, уравнение Даламбера Волновые уравнения поля (определение). Обобщенное неоднородное векторное волновое уравнение относительно вектора напряженности электрического поля. Уравнение Даламбера. Обобщенное неоднородное векторное волновое уравнение относительно вектора напряженности магнитного поля. Однородные векторные волновые уравнения
Тема 4.2	Скалярный и векторный электродинамические потенциалы, волновые уравнения для электродинамических потенциалов

	Векторный электродинамический потенциал как вспомогательная функция. Скалярный электродинамический потенциал. Волновые уравнения относительно электродинамических потенциалов
Тема 4.3	Вектор Герца, волновые уравнения относительно вектора Герца.
Тема 4.4	Уравнения Гельмгольца.
Тема 4.5	Классификация уравнений электромагнитного поля, вихревые и потенциальные поля Классификация уравнений электромагнитного поля по характеру их зависимости во времени. Классификация уравнений электромагнитного поля исходя из электромагнитных свойств среды, где имеют место электромагнитные процессы. Классификация уравнений электромагнитного поля по характеру распределения силовых линий электромагнитных полей в пространстве. Вихревые и потенциальные поля
Тема 5.1	Единственность решения задач электродинамики. Принцип суперпозиции электромагнитных полей. Принцип перестановочной двойственности Теорема единственности. Принцип суперпозиции для электромагнитных полей. Принцип перестановочной двойственности для диэлектрических сред при условии отсутствия сторонних сил. Принцип перестановочной двойственности при условии наличия сторонних источников. Принцип перестановочной двойственности для монохроматических полей и проводящих сред
Тема 5.2	Теорема взаимности Лемма Лоренца в дифференциальной форме. Лемма Лоренца в интегральной форме. Лемма Лоренца для бесконечно большого объема (теорема взаимности). Физический смысл теоремы взаимности на примере радиосвязи между двумя антеннами
Тема 5.3	Два класса независимых решений уравнений Максвелла Система уравнений Максвелла при условии наличия источников только электрического типа. Система уравнений Максвелла при условии наличия источников только магнитного типа
Тема 5.4	Решение уравнений Максвелла при заданных источниках
Тема 5.5	Решение уравнений Максвелла для гармонических колебаний. Решение неоднородного волнового уравнения для электромагнитного поля в неограниченной однородной среде Постановка задачи. Определение поля точечного источника в безграничной однородной линейной изотропной среде с использованием сферической системы координат. Скорость распространения электромагнитной волны. Прямая волна. Обратная волна. Получение общего решения для всех видов неоднородных волновых уравнений в однородной диэлектрической среде при наличии источников поля как электрического, так и магнитного типов. Решение неоднородных волновых уравнений в однородной безграничной среде, полученное в комплексной форме. Запаздывающие потенциалы
Тема 5.6	Решение волнового уравнения методом разделения переменных Постановка задачи. Выбор системы координат. Общий вид решения уравнения Гельмгольца в соответствии с методом разделения переменных для различных систем координат
Тема 5.7	Решение волнового уравнения для области, ограниченной замкнутой поверхностью: скалярная формула Кирхгофа, векторный аналог формулы Кирхгофа Постановка электродинамической задачи. Скалярная формула Кирхгофа. Скалярная формула Кирхгофа для гармонических полей. Векторный аналог формулы Кирхгофа

Тема 5.8	<p>Теорема эквивалентности</p> <p>Принцип эквивалентности. Применение принципа эквивалентности для решения внутренней электродинамической задачи (известны источники поля внутри рассматриваемого объема и распределение электромагнитного поля на граничной поверхности). Применение принципа эквивалентности для решения внешней электродинамической задачи</p>
Тема 5.9	<p>Функция Грина</p> <p>Условия непрерывности Дирихле. Условия непрерывности Неймана. Функция Грина. Задача определения поля за плоским экраном, имеющим отверстие</p>
Тема 5.10	<p>Приближенные методы решения задач электродинамики, выбор метода решения</p> <p>Три области расположения граничной поверхности в электромагнитном поле. Квазистационарная область. Метод квазистатических приближений. Резонансная область. Квазиоптическая область</p>
Тема 5.11	<p>Метод геометрической оптики</p> <p>Основные принципы, лежащие в основе метода геометрической оптики. Области применения метода геометрической оптики. Недостатки метода</p>
Тема 5.12	<p>Принцип Гюйгенса-Френеля, метод волновой оптики, зоны Френеля</p> <p>Представление поля точечного монохроматического источника в однородной изотропной среде посредством волновой функции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Основы метода волновой оптики. Зоны Френеля</p>
Тема 5.13	<p>Дифракция электромагнитных волн на различного рода препятствиях, основы методов решения задач дифракции</p> <p>Решение задачи дифракции электромагнитной волны на отверстии в плоском проводящем экране. Решение задачи дифракции на проводящем цилиндре</p>
Тема 5.14	Метод краевых волн в теории дифракции.
Тема 5.15	Рефракция электромагнитных волн.
Тема 6.1	<p>Основная задача теории излучения. Волновая поверхность, фронт волны, фазовая скорость, длина волны. Плоские и сферические волны</p> <p>Излучение электромагнитных волн (основные положения). Мощность излучения электромагнитных волн. Простейшая излучающая электромагнитные волны система на основе конденсатора переменного тока с развернутыми пластинами. Волновая поверхность. Фазовый фронт. Фазовая скорость. Поверхность равных фаз. Поверхность равных амплитуд. Однородная плоская волна. Неоднородная плоская волна</p>
Тема 6.2	<p>Поляризация электромагнитных волн, виды поляризации, условия и способы возбуждения электромагнитных волн с линейной, круговой и эллиптической поляризацией</p> <p>Поляризация электромагнитной волны как физическая характеристика волнового процесса. Два основных вида поляризации: линейная и вращающаяся. Электромагнитная волна с круговой поляризацией. Электромагнитная волна с эллиптической поляризацией. Условия получения волн с различными видами поляризации. Способы получения волн с круговой поляризацией</p>
Тема 6.3	Поле точечного изотропного источника.
Тема 6.4	<p>Поле элементарного электрического диполя</p> <p>Элементарный электрический диполь (определение). Электрический момент электрического диполя. Определение электромагнитного поля</p>

	элементарного электрического диполя. Постановка электродинамической задачи. Решение задачи в сферической системе координат. Выражения для векторов напряженностей электрического и магнитного поля в тригонометрической форме
Тема 6.5	Свойства поля элементарного электрического диполя; ближняя и дальняя зоны Анализ структуры электромагнитного поля элементарного электрического диполя. Анализ зависимости амплитуды и фазы составляющих векторов поля элементарного электрического диполя от координат. Полярная диаграмма, отражающая зависимость модулей амплитуды векторов напряженностей поля электрического диполя от угловых координат. Пространственная диаграмма поля элементарного электрического диполя. Ближняя (квазистационарная) зона элементарного электрического диполя. Анализ поля электрического диполя в ближней зоне. Дальняя зона элементарного электрического диполя. Анализ поля электрического диполя в дальней зоне. Пространственная диаграмма направленности поля электрического диполя по напряженности поля. Пространственная диаграмма направленности поля элементарного электрического диполя по мощности. Особенности поля электрического диполя в дальней зоне. Волновое сопротивление среды
Тема 6.6	Излучение электромагнитного поля электрическим диполем Среднее за период значение вектора Пойтинга, характеризующего поле элементарного электрического диполя. Анализ его составляющих в ближней и дальней зонах. Полная мощность, излучаемая электрическим диполем. Сопротивление излучения. Волновое сопротивление вакуума. Максимальный коэффициент направленного действия элементарного электрического диполя
Тема 6.7	Излучение элементарного магнитного диполя Элементарный магнитный диполь. Магнитный момент элементарного магнитного диполя. Составляющие векторов напряженностей электрического и магнитного полей элементарного магнитного диполя. Мощность, излучаемая элементарным магнитным диполем. Сопротивление излучения
Тема 6.8	Излучение элемента Гюйгенса Элемент Гюйгенса (определение). Определение составляющих векторов напряженностей поля, излучаемого элементом Гюйгенса. Диаграмма направленности элемента Гюйгенса
Тема 7.1	Волновое уравнение для плоской волны. Плоские электромагнитные волны в различных изотропных средах (диэлектрике, полупроводящей среде, проводнике).
Тема 7.2	Плоские волны в однородных анизотропных и гиротропных средах.
Тема 7.3	Волновые явления на границе раздела двух сред. Поверхностный эффект.
Тема 7.4	Отражение плоских волн на границе раздела двух сред. Законы Снеллиуса. Коэффициенты отражения и преломления Френеля. Угол полного преломления. Потери в проводящей среде.
Тема 8.1	Общие сведения о направляющих системах и направляемых электромагнитных волнах Направляющие системы: открытые проводные линии, коаксиальные линии, полосковые линии, металлические волноводы, сплошные диэлектрические волноводы и др. Классификация направляемых электромагнитных волн. Волны типа TEM . Волны типа $TE(H)$ и $TM(E)$
Тема 8.2	Открытая двухпроводная и коаксиальная линии

	Открытая двухпроводная и коаксиальная линии. Основной тип волны в открытых проводных и коаксиальных линиях передачи. Структура поля в них
Тема 8.3	Волновод, образованный параллельными идеально проводящими плоскостями Электромагнитное поле в волноводе. Критическая длина волны. Фазовая скорость электромагнитной волны в волноводе. Групповая скорость
Тема 8.4	Распространение электромагнитных волн в волноводах прямоугольного сечения Методы определения поля в полых волноводах. Решение уравнения поля для поперечно-электрических волн (TE или H). Критическая длина волны. Фазовая и групповая скорости. Основная волна (H_{10}) и структура поля волн типа H . Поперечно-магнитные (TM) волны или волны электрического типа (E)
Тема 8.5	Распространение электромагнитных волн в волноводах круглого сечения Поперечно-магнитные волны в круглых волноводах. Поперечно-электрические волны в круглых волноводах
Тема 8.6	Пропускаемая мощность, характеристическое сопротивление и коэффициент затухания волновода Мощность, пропускаемая волноводом. Характеристическое сопротивление волновода. Затухание электромагнитных волн в волноводе
Тема 8.7	Дисперсия электромагнитных волн в волноводе.
Тема 8.8	Возбуждение и связь волноводов.
Тема 8.9	Замедляющие системы.
Тема 8.10	Резонаторы. Возбуждение волн в направляющих системах и резонаторах.
Тема 8.11	Элементы направляющих систем и трактов СВЧ.
Тема 9.1	Система уравнений электростатики, скалярные уравнения Пуассона и Лапласа и их решения Неизменные во времени электромагнитные поля. Уравнения электростатики. Скалярные уравнения Пуассона и Лапласа и их решения
Тема 9.2	Электростатическое поле точечных зарядов и диполя.
Тема 9.3	Метод зеркальных изображений.
Тема 9.4	Энергия электростатического поля.
Тема 9.5	Магнитостатика. Магнитное поле постоянных токов, векторные уравнения Пуассона и Лапласа Уравнения магнитостатики. Магнитное поле постоянных токов (стационарное поле). Уравнения поля и волновые уравнения для стационарных полей. Векторные уравнения Пуассона и Лапласа
Тема 9.6	Энергия стационарного магнитного поля.
Тема 10.1	Принципы обеспечения электромагнитной совместимости Электромагнитная совместимость (определение). Электромагнитная помеха (определение). Источники и рецепторы электромагнитных помех. Основные принципы обеспечения электромагнитной совместимости

4.3. Практические (семинарские) занятия
Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия
Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5				
1	Исследование дифракции электромагнитных волн на отверстии.	4	0,8	5.10; 5.11; 5.12
2	Исследование дифракции электромагнитных волн на цилиндре.	4	0,8	5.10; 5.11; 5.12
3	Исследование поляризационных характеристик электромагнитного поля.	4	0,8	6.2
4	Исследование плоских замедляющих систем.	4	0,8	8.9
5	Исследование дисперсии и затухания волн в волноводе прямоугольного сечения с волной H_{10} .	4	0,8	8.6; 8.7
6	Исследование структуры поля волн H_{10} и H_{20} при различных нагрузках волновода.	4	0,8	8.4
7	Исследование четырехплечных распределительных устройств	4	0,8	8.11
8	Исследование антенны типа «Волновой канал»	4	0,8	6.6
9	Согласование волновода с нагрузкой. Ч1	3	0,8	8.4
10	Согласование волновода с нагрузкой. Ч2	2	0,8	8.4
Всего		17	8	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	49	49
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	4	4
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	4	4
Всего:	57	57

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
А 72 621.396.67	Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: учебник/ Г. А. Ерохин, Н. Д. Козырев, О. В. Чернышев, В. Г. Кочержевский; Ред. Г. А. Ерохин. - 3-е изд.. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 491 с.: рис.. - Загл. обл.: Учебник для высших учебных заведений. - Библиогр. : с. 485 - 487	65
Б 68 621.37	Распространение дециметровых радиоволн во время геомагнитных возмущений: учебное пособие/ Д. В. Благовещенский; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб.: ГОУ ВПО "СПбГУАП", 2011. - 393 с.: рис.. - Библиогр.: с. 378 - 391	168
621.372 Ж59	Жеребцов, И. П. Введение в технику дециметровых и сантиметровых волн [Текст] / И. П. Жеребцов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л. : Энергия, 1976. - 183 с. - (Массовая радиобиблиотека ; вып. 904)	4

621.37 Н64	Никольский, Вячеслав Владимирович. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учебное пособие для вузов / В. В. Никольский. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1978. - 544 с. : граф., рис. - Библиогр. : с. 541 - 543 (62 назв.).	21
621.37 К78	Красюк, Н. П. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Н. П. Красюк, Н. Д. Дымович. - М. : Высш. шк., 1974. - 536 с. : рис. - Библиогр.: с. 530 - 532 (79 назв.)	25
621.37/39 Э 45	Электродинамика и распространение радиоволн. Основные понятия и формулы математической теории поля [Текст] : методические указания к самостоятельной работе студентов / Ленингр. ин-т авиац. приборостроения ; сост. А. З. Киселев. - Л. : Изд-во ЛИАП, 1987. - 12 с. - Библиогр.: с. 12 (5 назв.).	1
5.537.8(075)(ГУАП) К17	Калашников, В. С. Техническая электродинамика. Направляющие системы и направляемые волны [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В. С. Калашников, А. В. Прусов; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Документ включает в себя 1 файл, размер:(464 Кб). - СПб.: РИО ГУАП, 2001. - 47 с.: рис., схем. - Библиогр. : с. 45	
4.537.8(075)(ГУАП) В75	Воробьев, Е.А. Законы электродинамики - теоретическая основа получения информации [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Е. А. Воробьев; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб.: РИО ГУАП, 2003. - 59 с.: граф., табл.. - Библиогр. : с. 58	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=406606	Никитин, В. А. Антенны спутниковые, КВ, УКВ, Си-Би, ТВ, РВ [Электронный ресурс] / В. А. Никитин и др. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 319 с.: ил. - ISBN 5-93700-010-2.
http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=406526	Ротхаммель, К. Антенны. Том 1 [Электронный ресурс] / К. Ротхаммель, А. Кришке; Пер. с нем. - 11-е изд. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 416 с.: ил. - ISBN 5-85648-715-X.
http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=406537	Ротхаммель, К. Антенны. Том 2 [Электронный ресурс] / К. Ротхаммель, А. Кришке; Пер. с нем. - 11-е изд. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 416 с.: ил. - ISBN 5-85648-716-8

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория «Техническая электродинамика и распространение радиоволн»	Б.Морская, 67, ауд. 11-01
3	Специализированная лаборатория «Антенны и устройства СВЧ»	Гастелло, 15, ауд. 14-02

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи;

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные задачи электродинамики. Величины, характеризующие э/м поле и его источники. 2. Характеристики сред и источников поля в макроскопической электродинамике. 3. Система уравнений Максвелла. (определение, перечисление входящих в нее уравнений и физических законов, которые описывают эти уравнения). 4. Первое уравнение Максвелла (дифференциальная и интегральная формы, физический закон, который оно описывает). 5. Второе уравнение Максвелла (дифференциальная и интегральная формы, физический закон, который оно описывает). 6. Определение электромагнитного поля и его основные свойства. 7. Свободные и связанные электрические заряды и токи в среде. Сторонние электрические заряды и токи. 8. Определение векторных параметров E, D, P, B, H, M и связь между ними. 9. Уравнения Максвелла для различных сред (по указанию преподавателя). 10. Граничные условия для касательных составляющих векторных параметров поля (вывод). 11. Граничные условия для нормальных составляющих векторных параметров поля (вывод). 12. Баланс энергии электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга. 13. Условия единственности решения системы уравнений Максвелла. Внутренняя и внешняя задачи электродинамики. 14. Методы расчета электромагнитных полей (метод исключений, метод векторных и скалярных 	ОПК-1.3.1

	<p>потенциалов, метод перестановочной двойственности).</p> <p>15. Методы расчета электромагнитных полей (метод комплексных амплитуд)</p> <p>16. Система уравнений Максвелла для комплексных амплитуд векторных параметров поля.</p> <p>17. Комплексная диэлектрическая проницаемость.</p> <p>18. Определение энергетических характеристик э/м поля с помощью комплексных амплитуд его векторных параметров.</p>	
	<p>19. Порядок решения любой электродинамической задачи.</p> <p>20. Доказательство свойств однородности и поперечности плоской э/м волны, распространяющейся в свободном пространстве.</p> <p>21. Вывод формул для фазовой скорости и характеристического сопротивления плоской однородной э/м волны, распространяющейся в свободном пространстве.</p> <p>22. Доказательство ортогональности плоской однородной волны, распространяющейся в свободном пространстве. Определение вектора Пойнтинга (Π).</p> <p>23. Виды поляризаций плоских э/м волн. Количественные характеристики поляризационного эллипса и способы их измерения.</p> <p>24. Представление плоской линейно поляризованной волны в виде суммы двух плоских линейно поляризованных волн со взаимно перпендикулярными плоскостями поляризации.</p> <p>25. Гармоническая плоская однородная волна в среде без потерь ($V_\phi, Z_c, \beta, \alpha$).</p> <p>26. Гармоническая плоская однородная волна в среде с потерями ($V_\phi, Z_c, \beta, \alpha$).</p>	ОПК-1.У.1

	<p>27. Поверхностный эффект в проводнике. Вывод формулы для Δ.</p> <p>28. Гармоническая плоская однородная волна в реальном проводнике и реальном диэлектрике ($V_{\phi}, Z_c, \beta, \alpha$).</p> <p>29. Вывод формулы для комплексной амплитуды вектора \mathbf{E} плоской э/м волны, распространяющейся в произвольном направлении относительно осей декартовой системы координат.</p> <p>30. Определение граничных задач электродинамики. Векторы, плоскости и углы, рассматриваемые при решении граничных задач.</p> <p>31. Наклонное падение плоской э/м волны на плоскую границу раздела двух полубесконечных диэлектриков (вывод формул для углов отражения и преломления).</p> <p>32. Наклонное падение плоской э/м волны на плоскую границу раздела двух полубесконечных диэлектриков (вывод формул для коэффициентов Френеля).</p> <p>33. Угол полного отражения при наклонном падении плоской э/м волны на границу раздела диэлектриков.</p> <p>34. Угол полного преломления при наклонном падении плоской э/м волны на границу раздела диэлектриков.</p> <p>35. Неотражающие диэлектрические покрытия.</p> <p>36. Радиопрозрачный диэлектрический слой, расположенный в воздухе.</p> <p>37. Граничные условия Леонтовича.</p> <p>38. Структура электрического поля плоской неоднородной э/м волны, образовавшейся в результате суперпозиции отраженной и падающей однородных волн при наклонном падении плоской однородной э/м волны на границу раздела «идеальный диэлектрик – идеальный проводник».</p>	
	<p>39. Классификация направляемых электромагнитных волн.</p>	<p>ОПК-1.В.1</p>

	<p>40. Определение фазовой и групповой скорости электромагнитных волн и связь между этими скоростями.</p> <p>41. Прием, используемый при решении задач определения структуры э/м поля в линиях передачи. Уравнения связи.</p> <p>42. Определить зависимость продольных составляющих векторов E и H направляемых волн от координаты z, ориентированной параллельно направлению распространения этих волн (решение провести в обобщенно- цилиндрической системе координат).</p> <p>43. Критические частоты и критические длины волн направляемых E- и H-волн а линиях передачи.</p> <p>44. Фазовая и групповая скорость направляемых волн в линиях передачи (вывод формул).</p> <p>45. Определить зависимость продольной составляющей вектора E от поперечных координат (x и y) для прямоугольного волновода, в котором распространяются собственные волны типа E.</p> <p>46. Определить зависимость продольной составляющей вектора H от поперечных координат (x и y) для прямоугольного волновода, в котором распространяются собственные волны типа H.</p> <p>47. Система уравнений для E-волн прямоугольного волновода (вывод из уравнения для составляющей E_z и уравнений связи)</p> <p>48. Система уравнений для H-волн прямоугольного волновода (вывод из уравнения для составляющей H_z и уравнений связи)</p> <p>49. Вывести систему уравнений для волны H_{10} из общей системы уравнений для H-волн прямоугольного волновода и рассказать о структуре э/м поля этой волны и ее свойствах.</p> <p>50. Вывести систему уравнений для волны H_{11} из общей системы уравнений для H-волн прямоугольного волновода и изобразить силовые линии векторов E и H этой волны в поперечном сечении волновода.</p>	
--	--	--

	<p>51. Распределение токов проводимости по стенкам прямоугольного волновода, в котором распространяется волна H_{10}. Излучающие и неизлучающие щели в стенках волновода.</p> <p>52. Физический смысл индексов “m” и “n” собственных волн прямоугольного волновода.</p> <p>53. Сходство и различие плоских однородных э/м волн в свободном пространстве и плоских неоднородных собственных волн в прямоугольном волноводе.</p> <p>54. Определить зависимость продольной составляющей вектора \mathbf{E} от поперечных координат (ρ и φ) для круглого волновода, в котором распространяются собственные волны типа E.</p> <p>55. Определить зависимость продольной составляющей вектора \mathbf{H} от поперечных координат (ρ и φ) для круглого волновода, в котором распространяются собственные волны типа H.</p> <p>56. Система уравнений для E-волн в круглом волноводе (вывод из уравнения для составляющей E_z и уравнений связи)</p> <p>57. Система уравнений для H-волн в круглом волноводе (вывод из уравнения для составляющей H_z и уравнений связи)</p> <p>58. Волна H_{11} в круглом волноводе – система уравнений, картина силовых линий векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} в поперечном сечении волновода.</p> <p>59. Особенности распространения волн типа H_{0n} в круглом волноводе.</p> <p>60. Физический смысл индексов “m” и “n” собственных волн круглого волновода.</p> <p>61. Вывод основного расчетного соотношения, используемого для определения коэффициентов затухания в волноводе с потерями.</p> <p>62. Способы возбуждения собственных волн в волноводах.</p> <p>63. Общие сведения об антенно-фидерных устройствах.</p>	
--	--	--

	64. Полуволновый вибратор. 65. Направленное действие системы двух вибраторов. 66. Вибраторные антенны дециметровых волн. 67. Влияние земли на излучение и направленные свойства антенн. 68. Дифракция радиоволн. 69. Антенны с параболическими зеркалами. 70. Рупорные антенны и антенны поверхностных волн. 71. Распространение дециметровых и сантиметровых волн. 72. Основные принципы обеспечения электромагнитной совместимости	
--	--	--

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций,