

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 21

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

Н.А. Гладкий

(инициалы, фамилия)

(подпись)

« 17 » марта 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электродинамика»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Опtotехника
Наименование направленности/ специализации	Опtико-электронные приборы и комплексы
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доцент, к.т.н., доцент
(должность, уч. степень, звание)

12.03.2026

(подпись, дата)

Н.А.Гладкий
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 21

«17» марта 2026 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 21

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

17.03.2026

(подпись, дата)

А.Ф. Крячко
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц. к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Электродинамика» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 12.03.02 «Оптотехника» направленности/специализации «Опτικο-электронные приборы и комплексы». Дисциплина реализуется кафедрой «№21».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптического, оптических и опτικο-электронных приборов и комплексов»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами электромагнитных явлений, свойствами электромагнитных полей и законами, позволяющими математически описывать электромагнитные поля и волны. Важное место в содержании дисциплины занимает изучение основных уравнений электродинамики. В курсе лекций обучающиеся знакомятся с основными методами и теоремами, используемыми при решении различных электродинамических задач, описанием статических и стационарных полей. Кроме того, изучение данной дисциплины предполагает ознакомление с основами излучения, дифракции и распространения электромагнитных волн в свободном пространстве, в изотропных, анизотропных и диспергирующих средах, а также в направляющих системах.

Изучение данного курса позволит будущему специалисту получить фундаментальные знания по теории электромагнитного поля и овладеть методами решения электродинамических задач для дальнейшего практического применения. На примере изучения данной дисциплины студент обучается использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

В ходе лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины, обучающиеся получают практические навыки по экспериментальному исследованию явлений электромагнитного поля.

Таким образом, на примере изучения данной дисциплины студент обучается использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельную работу студента и консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (5 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине русский

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Изучение курса «Электродинамики» позволит будущему специалисту закрепить фундаментальные знания по теории электромагнитного поля и овладеть методами решения ряда электродинамических задач.

Дисциплина «Электродинамика» призвана способствовать созданию образовательной среды для преподавания смежных дисциплин. Её изучение, наряду с другими дисциплинами в рамках общего направления «Оптотехника», способствует повышению культуры мышления, способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, способности к проведению эксперимента, к обработке и представлению экспериментальных данных. Изучение дисциплины «Электродинамика» позволит будущему специалисту осознать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности. Поэтому, одной из целей изучения дисциплины является формирование у студентов готовности к созданию условий для развития российской инфраструктуры связи, обеспечения ее интеграции с международными сетями связи, а также готовности содействовать внедрению перспективных технологий и стандартов, наряду с готовностью к контролю соблюдения и обеспечению экологической безопасности. Кроме того, изучение данной дисциплины позволит будущему специалисту собирать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования, учитывать современные тенденции развития и использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в профессиональной деятельности.

Лабораторные работы, предусмотренные планом данной дисциплины, также способствуют формированию навыков проведения эксперимента, обработки и представления экспериментальных данных.

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 применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и	ОПК-1.3.1 знать фундаментальные законы естествознания, основные физические и математические законы ОПК-1.У.1 уметь использовать естественнонаучные и общетехнические знания при решении практических задач, связанных с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

	оптико- электронных приборов и комплексов	
--	--	--

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- « Физика»,
- « Радиотехнические цепи и сигналы».

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

- «Основы теории оптических сигналов»,
- «Распространение электромагнитных волн»,
- «Электронные и квантовые приборы СВЧ».

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)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки		
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)	45	45
Самостоятельная работа, всего (час)	12	12
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.,	Экз.,

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) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Введение.	3	0	0	0	
Раздел 2. Система уравнений электромагнитного поля.	4	0	0	0	

Раздел 3. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля.	4	0	0	0	
Раздел 4. Волновые уравнения и электродинамические потенциалы.	4	0	0	0	
Раздел 5. Основные методы и теоремы, используемые при решении задач электродинамики.	4	0		0	3
Раздел 6. Излучение электромагнитных волн.	3	0	4	0	
Раздел 7. Плоские электромагнитные волны.	4	0	4	0	3
Раздел 8. Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы.	4	0	9	0	3
Раздел 9. Статические и стационарные поля.	4	0	0	0	3
Итого в семестре:	34	0	17	0	12
Итого	34	0	17	0	12

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

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
1.	Введение. Тема 1. Предмет электродинамики, определение электромагнитного поля, источники возникновения электромагнитного поля. Тема 2. Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности постоянного тока. Тема 3. Векторы электромагнитного поля. Графическое изображение векторных полей. Тема 4. Электромагнитные параметры сред. Классификация сред по электрическим и магнитным свойствам.
2.	Система уравнений электромагнитного поля Тема 1. Уравнения Максвелла в интегральной форме и их физический смысл. Принцип непрерывности магнитного потока. Тема 2. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме и их физический смысл. Уравнение непрерывности тока. Тема 3. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Условия на границе идеального проводника. Тема 4. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Тема 5. Комплексная диэлектрическая проницаемость и относительность классификации сред по электрической проводимости. Тема 6. Сторонние силы электрического и магнитного типа и полная симметричная система уравнений электромагнитного поля.
3.	Закон сохранения энергии для электромагнитного поля Тема 1. Энергия и мощность электромагнитного поля. Тема 2. Теорема Пойтинга о балансе энергии электромагнитного поля в дифференциальной, интегральной и комплексной формах. Тема 3. Вектор Умова-Пойтинга и его физический смысл, скорость

	движения энергии.
4.	Волновые уравнения и электродинамические потенциалы Тема 1. Волновые уравнения для векторов электромагнитного поля, уравнение Даламбера. Тема 2. Скалярный и векторный электродинамические потенциалы, волновые уравнения для электродинамических потенциалов. Тема 3. Вектор Герца, волновые уравнения относительно вектора Герца. Тема 4. Уравнения Гельмгольца. Тема 5. Классификация уравнений электромагнитного поля, вихревые и потенциальные поля.
5.	Основные методы и теоремы, используемые при решении задач электродинамики Тема 1. Единственность решения задач электродинамики. Принцип суперпозиции для электромагнитных полей. Принцип перестановочной двойственности. Тема 2. Теорема взаимности. Тема 3. Два класса независимых решений уравнений Максвелла. Тема 4. Решение уравнений Максвелла при заданных источниках. Тема 5. Решение уравнений Максвелла для гармонических колебаний. Решение неоднородного волнового уравнения для электромагнитного поля в неограниченной однородной среде. Тема 6. Решение волнового уравнения методом разделения переменных. Тема 7. Решение волнового уравнения для области, ограниченной замкнутой поверхностью: скалярная формула Кирхгофа, векторный аналог формулы Кирхгофа. Тема 8. Теорема эквивалентности. Тема 9. Функция Грина. Тема 10. Приближенные методы решения задач электродинамики, выбор метода решения. Тема 11. Метод геометрической оптики. Тема 12. Принцип Гюйгенса-Френеля, метод волновой оптики, зоны Френеля.
6.	Излучение электромагнитных волн Тема 1. Основная задача теории излучения. Волновая поверхность, фронт волны, фазовая скорость, длина волны. Плоские и сферические волны. Тема 2. Поляризация электромагнитных волн, виды поляризации, условия и способы возбуждения электромагнитных волн с линейной, круговой и эллиптической поляризацией. Тема 3. Поле элементарного электрического диполя. Тема 4. Свойства поля элементарного электрического диполя; ближняя и дальняя зоны. Тема 5. Излучение электромагнитного поля электрическим диполем. Тема 6. Излучение элементарного магнитного диполя. Тема 7. Излучение элемента Гюйгенса.
7.	Плоские электромагнитные волны Тема 1. Волновое уравнение для плоской волны. Плоские электромагнитные волны в различных изотропных средах (диэлектрике, полупроводящей среде, проводнике).
8.	Направляемые электромагнитные волны и направляющие

	системы Тема 1. Общие сведения о направляющих системах и направляемых электромагнитных волнах. Тема 2. Открытая двухпроводная и коаксиальная линии. Тема 3. Волновод, образованный параллельными идеально проводящими плоскостями. Тема 4. Распространение электромагнитных волн в волноводах прямоугольного сечения. Тема 5. Распространение электромагнитных волн в волноводах круглого сечения. Тема 6. Пропускаемая мощность, характеристическое сопротивление и коэффициент затухания волновода.
9.	Статические и стационарные поля Тема 1. Система уравнений электростатики, скалярные уравнения Пуассона и Лапласа и их решения. Тема 2. Магнитостатика. Магнитное поле постоянных токов, векторные уравнения Пуассона и Лапласа.

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 структуры поля волн H_{10} и H_{20} при различных нагрузках волновода. Часть 1.	3	0	8
2.	Исследование структуры поля волн H_{10} и H_{20} при различных нагрузках волновода. Часть 2.	2	0	8
3.	Исследование поляризационных характеристик электромагнитного поля.	4	0	6
4.	Исследование плоских замедляющих систем.	4	0	7
5.	Исследование дисперсии и затухания волн в волноводе прямоугольного сечения с	4	0	8

волной H_{10} .			
Всего	17	0	

4.5. Выполнение курсового проекта/ 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)	7	7
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	2	2
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	3	3
Всего:	12	12

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

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	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.37 Н64	Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учебное пособие / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1989. - 544 с. : рис. - Библиогр.: с. 540 - 543. - ISBN 5-02-014033-3.	15 Фонд учебного корпуса (Гастелло) 3 Студ.отдел (БМ)
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.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм.	12 Фонд учебного корпуса (Гастелло) 61

	приборостроения. - Документ включает в себя 1 файл, размер:(464 Kb). - СПб.: РИО ГУАП, 2001.	Студ.отдел (БМ)
535 Ф 33	Федоров, Виктор Викторович. Единая теория поля [Текст] / В. В. Федоров ; С.-Петербург. гос. электротехн. ун-т "ЛЭТИ". - СПб. : Изд-во ГЭТУ (ЛЭТИ), 2009. - 248 с. : рис. - Библиогр.: с. 245 (41 назв.). - ISBN 978-5-7629-0998-3	27 Фонд учебного корпуса (Гастелло)
621.37 К78	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.).	20 Фонд учебного корпуса (Гастелло) 3 Студ.отдел (БМ)
621.37 П30	Петров, Борис Михайлович. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учебник / Б. М. Петров. - 2-е изд., испр. - М. : Горячая линия - Телеком, 2003. - 558 с. : рис., граф. - Библиогр.: с. 546 - 550 (106 назв.). - ISBN 5-93517-073-6 : 204.60 р. Издание имеет гриф Министерства образования РФ. На с. 539 - 546 : Приложения. Формулы. Функции. Решение уравнений. Предм. указ. : с. 551 - 553	5 Отдел фундаментальной литературы
537 Г 83	Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Текст] : учебник / А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп. - СПб. : Лань, 2007. - 704 с. : рис. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 692 - 693 (43 назв.). - Предм. указ.: с. 694 - 698. - ISBN 978-5-8114-0706-4 : 821.48 р.	2 Отдел фундаментальной литературы 13 Фонд учебного корпуса (Гастелло)

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://lib.aanet.ru/	Электронная библиотечная система ГУАП (для доступа необходима авторизация по номеру читательского билета).
http://techlibrary.ru/	Техническая библиотека. Переводные и русскоязычные издания, объединённые в общий каталог научно-технической литературы.
http://www.rsl.ru	Российская государственная библиотека
http://www.nlr.ru	Российская национальная библиотека
http://www.libfl.ru	Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы им. М.И.Рудомино

http://www.ras.ru	Библиотека Академии Наук
http://www.benran.ru	Библиотека РАН по естественным наукам
http://www.gpntb.ru	Государственная публичная научно-техническая библиотека
http://www.spsl.nsc.ru/	Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН
http://lib.febras.ru	Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН
http://www.uran.ru	Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН
http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/sources	Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet
http://www.pl.spb.ru	Центральная городская универсальная библиотека им. В.Маяковского
http://www.lib.pu.ru	Научная библиотека им. М.Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ)
http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/	Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ)
http://electrodynamics.narod.ru/	«Электродинамика глазами физика»
http://antenna.psuti.ru/	Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики кафедра антенн
http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/electric.htm	Литература по электричеству магнетизму и электродинамике
http://sfiz.ru/forums.php?m=topics&s=3	Форум по электродинамике

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	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория «Техническая электродинамика и распространение радиоволн»	11-01a

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; Тесты.

Примечание: *экзаменационные билеты формируются на основе вопросов и задач таблицы 15.

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 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	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. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– 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;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	– частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий^{**}.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– 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. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий^{**}.

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 для экзамена	Код индикатора
1.	Основные сведения об электромагнитном поле.	ОПК-1.3.1
2.	Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности постоянного тока.	ОПК-1.3.1
3.	Электромагнитные параметры и виды сред.	ОПК-1.3.1
4.	Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома.	ОПК-1.3.1
5.	Материальные уравнения электромагнитного поля.	ОПК-1.3.1
6.	Уравнения Максвелла в интегральной форме и их физический смысл.	ОПК-1.3.1
7.	Закон полного тока. Первое уравнение Максвелла.	ОПК-1.3.1
8.	Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла.	ОПК-1.3.1
9.	Закон неразрывности магнитных силовых линий. Четвертое уравнение Максвелла.	ОПК-1.3.1
10.	Уравнения Максвелла в дифференциальной форме и их физический смысл.	ОПК-1.3.1
11.	Граничные условия для векторов электрического поля.	ОПК-1.3.1
12.	Граничные условия для векторов магнитного поля.	ОПК-1.3.1
13.	Условия на границе идеального проводника.	ОПК-1.3.1
14.	Сторонние силы и полная система уравнений Максвелла.	ОПК-1.3.1
15.	Уравнения Максвелла для монохроматических колебаний.	ОПК-1.3.1
16.	Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь.	ОПК-1.3.1
17.	Относительность классификации сред по электрической проводимости.	ОПК-1.3.1
18.	Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Вектор Пойтинга.	ОПК-1.3.1
19.	Волновые уравнения для векторов электромагнитного поля. Уравнение Даламбера.	ОПК-1.3.1
20.	Скалярный и векторный электродинамические потенциалы. Запасывающие потенциалы и их физический смысл.	ОПК-1.3.1

21.	Волновые уравнения для электродинамических потенциалов.	ОПК-1.3.1
22.	Волновые уравнения для вектора Герца.	ОПК-1.3.1
23.	Уравнения Гельмгольца. Волновой характер электромагнитного поля.	ОПК-1.3.1
24.	Классификация уравнений электромагнитного поля. Вихревые и потенциальные поля.	ОПК-1.3.1
25.	Принцип суперпозиции для электромагнитных полей.	ОПК-1.3.1
26.	Принцип перестановочной двойственности.	ОПК-1.3.1
27.	Теорема взаимности.	ОПК-1.3.1
28.	Два класса независимых решений уравнений Максвелла.	ОПК-1.3.1
29.	Решение неоднородного волнового уравнения для электромагнитного поля в неограниченной неоднородной среде.	ОПК-1.3.1
30.	Решение волнового уравнения методом разделения переменных.	ОПК-1.3.1
31.	Решение волнового уравнения для области, ограниченной замкнутой поверхностью. Формула Кирхгофа.	ОПК-1.3.1
32.	Теорема эквивалентности.	ОПК-1.3.1
33.	Три области расположения граничной поверхности в электромагнитном поле. Особенности решения электродинамических задач в этих областях.	ОПК-1.У.1
34.	Приближенные методы решения электродинамических задач.	ОПК-1.У.1
35.	Метод геометрической оптики. Условия применения метода геометрической оптики.	ОПК-1.У.1
36.	Метод волновой оптики, условия его применения. Формула Кирхгофа.	ОПК-1.3.1
37.	Метод волновой оптики. Зоны Френеля.	ОПК-1.3.1
38.	Метод краевых волн физической теории дифракции.	ОПК-1.3.1
39.	Излучение электромагнитных волн.	ОПК-1.3.1
40.	Волновая поверхность, фазовая скорость, длина волны.	ОПК-1.3.1
41.	Поляризация электромагнитных волн.	ОПК-1.У.1
42.	Поле элементарного электрического диполя (вывод общих соотношений).	ОПК-1.3.1
43.	Свойства электромагнитного поля электрического диполя. Ближняя и дальняя зоны.	ОПК-1.3.1
44.	Излучение электромагнитной энергии электрическим диполем.	ОПК-1.3.1
45.	Излучение элементарного магнитного диполя.	ОПК-1.3.1
46.	Излучение элемента Гюйгенса.	ОПК-1.3.1
47.	Отражение и преломление электромагнитных волн на плоской границе раздела сред.	ОПК-1.У.1
48.	Падение плоской однородной параллельно поляризованной волны на плоскую границу раздела сред.	ОПК-1.3.1
49.	Падение плоской однородной перпендикулярно поляризованной волны на плоскую границу раздела сред.	ОПК-1.3.1
50.	Угол полного внутреннего преломления.	ОПК-1.У.1
51.	Типы направляющих систем.	ОПК-1.3.1
52.	Типы волн в волноводе.	ОПК-1.3.1

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 выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

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

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ 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
1.	Волновые уравнения Гельмгольца это • векторные волновые уравнения для гармонических полей, записанные в комплексной форме; • векторные волновые уравнения, позволяющие описывать негармонические электромагнитные поля; • векторные волновые уравнения, описывающие электромагнитные поля в диэлектрической среде при условии отсутствия сторонних сил электрического типа.	ОПК-1.3.1
2.	«Количество электричества, выходящего за некоторый промежуток времени через замкнутую поверхность S , ограничивающую объем V , равно величине уменьшения находящегося в объеме заряда q за тот же промежуток времени». Это определение характеризует: • объемную плотность электрического заряда; • закон сохранения электрического заряда; • закон Ома в дифференциальной форме.	ОПК-1.3.1
3.	Согласно закону непрерывности постоянного электрического тока • количество электричества, выходящего за некоторый промежуток времени через замкнутую поверхность S, ограничивающую объем V, равно величине уменьшения находящегося в объеме заряда q за тот же промежуток времени; • ток через любую замкнутую поверхность равен нулю и линии постоянного тока непрерывны, т.е. замкнуты сами на себя; • предел отношения тока проводимости сквозь некоторый элемент поверхности, нормальный к направлению движения заряженных частиц, к площади этого элемента S, при условии, что S стремится к нулю.	ОПК-1.3.1
4.	Уравнение Пуассона $\nabla^2 \bar{E} = \frac{1}{\epsilon_a} \text{grad}(\rho + \rho_s^{cm})$ позволяет описать • электростатическое поле в среде, где отсутствуют сторонние заряды и токи; • стационарное поле; • электростатическое поле.	ОПК-1.У.1
5.	Вектор Пойтинга $\bar{P} = [\bar{E} \times \bar{H}]$	ОПК-1.У.1

	- указывает направление распространения электромагнитной энергии; - определяет поляризацию электромагнитной волны; - характеризует плотность электрического тока проводимости.	
6.	Критерий классификации сред по электрическим свойствам (удельной электрической проводимости) зависит от - среднего за период значения энергии электромагнитного поля; - направления вектора Пойтинга; частоты.	ОПК-1.3.1
7.	Относительность классификации сред по электрическим свойствам обусловлена зависимостью критерия классификации от частоты; - нелинейной зависимостью параметров среды от времени; - зависимостью свойств среды от векторов электромагнитного поля.	ОПК-1.3.1
8.	По характеру распределения силовых линий в пространстве поля делятся на - гармонические и негармонические; - стационарные и соленоидальные; вихревые и потенциальные.	ОПК-1.3.1
9.	Вектор Пойтинга имеет размерность - магнитной индукции (Тл); - электрического смещения (Кл/м); плотности мощности (Вт/м²).	ОПК-1.3.1
10.	Лемма Лоренца в дифференциальной форме выражает связь между сторонними токами и полями в двух различных точках пространства; - сторонними токами и полями в двух различных областях пространства; - параметрами сред и полями в двух различных точках пространства.	ОПК-1.3.1
11.	Лемма Лоренца для бесконечно большого объема представляет собой математическую запись - теоремы Гаусса-Остроградского; теоремы взаимности; - теоремы единственности решений уравнений электродинамики.	ОПК-1.3.1
12.	В соответствии с принципом перестановочной двойственности, распространенным на случай наличия в рассматриваемой области сторонних источников монохроматического поля (среда проводящая), перестановка выполняется по следующей схеме: $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a;$ $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a, \vec{\delta}_a^{cm} \leftrightarrow -\vec{\delta}_m^{cm};$ $\dot{\vec{E}} \leftrightarrow \dot{\vec{H}}, \tilde{\varepsilon}_a \leftrightarrow -\mu_a, \dot{\vec{\delta}}_a^{cm} \leftrightarrow -\dot{\vec{\delta}}_m^{cm}$ (правильный ответ!).	ОПК-1.У.1
13.	В соответствии с принципом перестановочной двойственности, распространенным на случай наличия в рассматриваемой области сторонних источников монохроматического поля (среда диэлектрическая), перестановка выполняется по следующей схеме: $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a;$	ОПК-1.У.1

	• $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a, \vec{\delta}_a^{cm} \leftrightarrow -\vec{\delta}_m^{cm}$; • $\dot{\vec{E}} \leftrightarrow \dot{\vec{H}}, \dot{\varepsilon}_a \leftrightarrow -\dot{\mu}_a, \dot{\vec{\delta}}_a^{cm} \leftrightarrow -\dot{\vec{\delta}}_m^{cm}$ (правильный ответ!).	
14.	Деление сред на нелинейные и линейные обусловлено • зависимостью (независимостью) их параметров от координат среды; • зависимостью (независимостью) их параметров от времени; • зависимостью (независимостью) их параметров от значений векторов поля.	ОПК-1.3.1
15.	По характеру зависимости свойств среды от направления среды делятся на: • нелинейные и линейные; • изотропные и анизотропные; • однородные и неоднородные.	ОПК-1.3.1
16.	По характеру зависимости свойств среды от координат среды делятся на: • нелинейные и линейные; • изотропные и анизотропные; • однородные и неоднородные.	ОПК-1.3.1
17.	По характеру зависимости свойств среды от векторов электромагнитного поля среды делятся на: • нелинейные и линейные; • изотропные и анизотропные; • однородные и неоднородные.	ОПК-1.3.1
18.	Материальные уравнения электромагнитного поля связывают между собой • векторы электромагнитного поля и параметры среды; • векторы поля и координаты точки наблюдения; • параметры сред и энергию электромагнитного поля.	ОПК-1.3.1
19.	Уравнения Максвелла в дифференциальной форме связывает между собой • значения векторов электромагнитного поля в рассматриваемом объеме с зарядами и токами, протекающими в этом объеме; • значения векторов электромагнитного поля в некоторой точке среды с совокупностью плотностей зарядов и токов в этой точке; • векторы электромагнитного поля с параметрами среды, где наблюдается электромагнитное поле.	ОПК-1.3.1
20.	Уравнения Максвелла в интегральной форме связывает между собой • значения векторов электромагнитного поля в рассматриваемом объеме с зарядами и токами, протекающими в этом объеме; • значения векторов электромагнитного поля в некоторой точке среды с совокупностью плотностей зарядов и токов в этой точке; • векторы электромагнитного поля с параметрами среды, где наблюдается электромагнитное поле.	ОПК-1.3.1
21.	Принцип непрерывности силовых линий магнитного поля	ОПК-1.3.1

	обусловлен • законом Ома в дифференциальной форме; • равенством нулю дивергенции вектора магнитной индукции (в соответствии с 4-м уравнением Максвелла в дифференциальной форме $\text{div}\vec{B} = 0$); • материальными уравнениями электромагнитного поля.	
22.	В основании 1-го уравнения Максвелла лежит • закон непрерывности постоянного электрического тока; • закон сохранения электрического заряда; • закон полного тока.	ОПК-1.3.1
23.	В основании 2-го уравнения Максвелла лежит • закон о магнитной индукции; • закон сохранения электрического заряда; • закон полного тока.	ОПК-1.3.1
24.	Обобщенный закон электромагнитной индукции основан на • законе полного тока; • опытном законе об электромагнитной индукции; • законе Ома в дифференциальной форме.	ОПК-1.3.1
25.	Переменное во времени электрическое поле независимо от свойств среды приводит к появлению • потенциального электрического поля; • постоянного электрического поля; • вихревого магнитного поля.	ОПК-1.3.1
26.	Непрерывность силовых линий магнитного поля обусловлена • законом полного тока; • 4-м уравнением Максвелла в дифференциальной форме ($\text{div}\vec{B} = 0$); • законом об электромагнитной индукции.	ОПК-1.У.1
27.	К строгим методам решения уравнений электродинамики относится • метод разделения переменных; • метод волновой оптики; • метод геометрической оптики.	ОПК-1.У.1
28.	К строгим методам решения уравнений электродинамики относится • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод, основанный на использовании формулы Кирхгофа.	ОПК-1.3.1
29.	К строгим методам решения уравнений электродинамики относится • метод решения задачи на излучение известными источниками в неограниченной однородной среде; • метод волновой оптики; • метод геометрической оптики.	ОПК-1.3.1
30.	Приближенным методом решения задач электродинамики является: • метод волновой оптики; • метод разделения переменных; • метод зеркальных изображений.	ОПК-1.3.1
31.	Приближенным методом решения задач электродинамики является: • метод геометрической оптики; • метод разделения переменных; • метод зеркальных изображений.	ОПК-1.3.1

32.	Введение комплексной диэлектрической проницаемости позволяет • сделать систему уравнение электромагнитного поля симметричной; • применить к решению уравнения электромагнитного поля метод разделения переменных; • привести уравнения электромагнитного поля для полупроводящей и проводящей среды к виду уравнений для диэлектрика; • записать уравнения Максвелла в комплексной форме.	ОПК-1.3.1
33.	Среда считается идеальным проводником если • ее удельная электрическая проводимость стремится к единице ($\gamma_s \rightarrow 1$); • ее удельная электрическая проводимость стремится к нулю ($\gamma_s \rightarrow 0$); • ее удельная электрическая проводимость стремится к бесконечности ($\gamma_s \rightarrow \infty$).	ОПК-1.У.1
34.	Среда считается идеальным диэлектриком если • ее удельная электрическая проводимость стремится к единице ($\gamma_s \rightarrow 1$); • ее удельная электрическая проводимость стремится к нулю ($\gamma_s \rightarrow 0$); • ее удельная электрическая проводимость стремится к бесконечности ($\gamma_s \rightarrow \infty$).	ОПК-1.У.1
35.	Если в рассматриваемой среде на заданной частоте токи смещения преобладают над токами проводимости, то среда считается • диэлектрической; • проводящей; • полупроводящей.	ОПК-1.3.1
36.	Если в рассматриваемой среде на заданной частоте токи проводимости преобладают над токами смещения, то среда считается • диэлектрической; • проводящей; • полупроводящей.	ОПК-1.3.1
37.	Если в рассматриваемой среде на заданной частоте токи смещения соизмеримы по величине с токами проводимости, то среда считается • диэлектрической; • проводящей; • полупроводящей.	ОПК-1.3.1
38.	В соответствии с теоремой единственности • при заданных начальных и граничных условиях не может быть двух разных решений уравнений электромагнитного поля; • при заданных начальных и граничных условиях, а также при заданном распределении и одновременном действии источников поля, полное поле будет определяться векторной суммой всех источников поля; • магнитные силовые линии всегда сцеплены с полным током, который является суммой токов проводимости и токов	ОПК-1.3.1

	смещения.	
39.	Магнитное поле создается • как токами проводимости, так и токами, определяющимися изменением электрического поля во времени; • неподвижными электрическими зарядами; • неподвижными электрическими зарядами и токами.	ОПК-1.3.1
40.	Всякое изменение магнитного поля во времени независимо от параметров среды вызывает появление • вихревого электрического поля; • потенциального электрического поля; • стационарного электромагнитного поля.	ОПК-1.3.1
41.	В соответствии с 3-м уравнением Максвелла $\text{div} \vec{D} = \rho$ поток вектора электрического смещения $\vec{D}$ через замкнутую поверхность S равен • сумме зарядов, имеющих в объеме V, заключенном внутри указанной поверхности; • сумме поверхностных зарядов, расположенных на указанной поверхности; • нулю.	ОПК-1.У.1
42.	В соответствии с 4-м уравнением Максвелла поток вектора магнитной индукции $\vec{B}$ через замкнутую поверхность S равен • нулю; • бесконечности; • определяется частной производной по времени от вектора напряженности магнитного поля.	ОПК-1.3.1
43.	4-е уравнение Максвелла $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$ в интегральной форме представляет собой • математическое выражение принципа суперпозиции; • математическое выражение принципа непрерывности постоянного тока; • математическое выражение принципа непрерывности магнитного потока.	ОПК-1.3.1
44.	Непрерывность силовых линий постоянного магнитного поля обосновывают исходя из • появления вихревого электрического поля при изменении во времени магнитного поля; • отсутствия в природе магнитных зарядов; • принципа непрерывности постоянного тока.	ОПК-1.3.1
45.	Переход в уравнениях Максвелла к комплексным векторам возможен потому что эти уравнения являются • линейными; • однородными; • неоднородными.	ОПК-1.3.1
46.	Поток вектора Пойтинга $\oint_S [\vec{E} \vec{H}] d\vec{S}$ численно равен • мощности, которая в зависимости от знака интеграла либо входит (« - »), либо выходит (« + ») за рассматриваемый объем; • количеству энергии, переносимой электромагнитными	ОПК-1.3.1

	волнами за единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно к направлению распространения электромагнитной энергии.	
47.	Обобщенное неоднородное векторное волновое уравнение переходит в волновое уравнение Даламбера если • удельная электрическая проводимость среды, где наблюдается электромагнитное поле, равна нулю ($\gamma_s = 0$); • в области, где рассматривается электромагнитное поле, отсутствуют заряды и токи; • среда, где рассматривается электромагнитное поле, является проводящей и в ней отсутствуют сторонние заряды и токи.	ОПК-1.3.1
48.	Если в процессе радиопередачи ток в передающей антенне равен току, протекающему в приемной антенне, то в соответствии с теоремой взаимности • пространство между двумя антеннами содержит нелинейные элементы; • пространство между этими двумя антеннами содержит анизотропные элементы; • равными являются ЭДС, наведенные указанными токами в соответствующих антеннах; • сонаправленными являются векторы Пойтинга, характеризующие электромагнитные поля, возбуждаемые этими антеннами.	ОПК-1.3.1
49.	Введение векторного и скалярного электродинамических потенциалов позволяет • сделать систему уравнений электромагнитного поля симметричной; • привести уравнения поля для полупроводящей и проводящей сред к виду уравнений для диэлектрика; • упростить векторные волновые уравнения таким образом, что в их правых частях находятся непосредственно возбуждающие функции в виде сторонних плотностей заряда и тока, а не их дифференциальные эффекты (<i>grad</i> или <i>rot</i>).	ОПК-1.3.1
50.	Введение в векторные волновые уравнения вектора Герца дает возможность • сделать систему уравнений электромагнитного поля симметричной; • свести уравнения Максвелла лишь к одному векторному волновому уравнению; • привести уравнения поля для полупроводящей и проводящей сред к виду уравнений для диэлектрика.	ОПК-1.3.1
51.	Зона элементарного электрического диполя, где выполняется соотношение $kr \ll l$ или $2\pi r \ll \lambda$ называется • волновой зоной; • дальней зоной; • ближней зоной.	ОПК-1.3.1
52.	Зона элементарного электрического диполя, где выполняется соотношение $kr \gg l$ или $2\pi r \gg \lambda$ называется • квазистационарной зоной;	ОПК-1.3.1

	• дальней зоной; • ближней зоной.	
53.	Элементарный электрический диполь создает • сферическую волну; • цилиндрическую волну; • плоскую электромагнитную волну.	ОПК-1.3.1
54.	Пространственная диаграмма, отражающая зависимость составляющих векторов напряженностей электромагнитного поля $\vec{H}_\phi$ и $\vec{E}_\theta$, создаваемого элементарным электрическим диполем, от полярного угла ϑ (при $r = const$) представляет собой • тороид с нулевым внутренним диаметром, центр которого совпадает с серединой диполя; • две соприкасающиеся окружности, расположенные одна над другой, при этом точка их соприкосновения совпадает с серединой диполя; • сферу, центр которой совпадает с серединой диполя.	ОПК-1.3.1
55.	Силовые линии магнитного поля, создаваемого вертикальным элементарным электрическим диполем представляют собой • концентрические окружности, параллельные экваториальной плоскости с центром на оси диполя; • концентрические окружности, параллельные меридиональной плоскости с центром на оси диполя; • концентрические окружности, параллельные меридиональной плоскости, расположенные по обеим сторонам диполя и соприкасающиеся в точке, совпадающей с серединой диполя.	ОПК-1.3.1
56.	Пространственная диаграмма, отражающая зависимость составляющей вектора напряженности электрического поля $\vec{E}_r$, создаваемого элементарным электрическим диполем, от полярного угла ϑ (при $r = const$) представляет собой • тороид с нулевым внутренним диаметром, центр которого совпадает с серединой диполя; • две соприкасающиеся окружности, расположенные одна над другой, при этом точка их соприкосновения совпадает с серединой диполя; • сферу, центр которой совпадает с серединой диполя.	ОПК-1.3.1
57.	Поле элементарного электрического диполя относительно продольной оси диполя (относительно его момента) имеет • поперечную структуру (TEM); • поперечно-магнитную структуру (TM); • поперечно-электрическую структуру (TE).	ОПК-1.3.1
58.	Расстояния от точки наблюдения до участков волновой поверхности, обусловленных двумя соседними зонами Френеля, отличаются друг от друга на величину • $\lambda/4$, где λ - длина волны; • $\lambda/2$; • λ.	ОПК-1.У.1
59.	Электромагнитную волну с круговой поляризацией можно получить посредством сложения двух взаимно ортогональных плоско поляризованных волн с одинаковой частотой. При этом условием	ОПК-1.3.1

	получения такой волны является • равенство амплитуд двух взаимно ортогональных плоско поляризованных волн и сдвиг фаз между ними, равный $\pi/2$; • равенство нулю амплитуды одной из складываемых плоско поляризованных волн независимо от сдвига фаз между ними; • равенство нулю амплитуды одной из складываемых плоско поляризованных волн и сдвиг фаз между ними, равный $\pi/2$.	
60.	Метод геометрической оптики находит применение при решении следующей электродинамической задачи • на отражение электромагнитных волн идеально проводящими телами в однородной изотропной среде; • дифракции на препятствии, если радиус кривизны препятствия сравним с длиной волны; • на отражение электромагнитных волн, если точка наблюдения находится вблизи геометрической границы пучка лучей.	ОПК-1.3.1
61.	Если при решении электродинамической задачи выполняется соотношение $l/\lambda \ll 1$ (l – характерный размер области пространства V, где рассматривается электромагнитное поле; λ - длина волны), то область расположения граничной поверхности в электромагнитном поле является • резонансной; • квазиоптической; • квазистационарной.	ОПК-1.У.1
62.	Если при решении электродинамической задачи выполняется соотношение $l/\lambda \gg 1$ (l – характерный размер области пространства V, где рассматривается электромагнитное поле; λ - длина волны), то область расположения граничной поверхности в электромагнитном поле является • резонансной; • квазиоптической; • квазистационарной.	ОПК-1.У.1
63.	Если при решении электродинамической задачи выполняется соотношение $l/\lambda \approx 1$ (l – характерный размер области пространства V, где рассматривается электромагнитное поле; λ - длина волны), то область расположения граничной поверхности в электромагнитном поле является • резонансной; • квазиоптической; • квазистационарной.	ОПК-1.У.1
64.	Для решения электродинамических задач в резонансной области необходимо применять • строгие методы решения; • приближенные методы решения; • возможно применение как строгих, так и приближенных методов.	ОПК-1.3.1
65.	Для решения электродинамических задач в резонансной области необходимо применять • строгие методы решения; • метод геометрической оптики;	ОПК-1.3.1

	• метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	
66.	Для решения электродинамических задач в квазистационарной области необходимо применять • строгие методы решения; • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	ОПК-1.3.1
67.	Для решения электродинамических задач в квазиоптической области необходимо применять • строгие методы решения; • метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	ОПК-1.3.1
68.	В основе метода квазистатических приближений лежат • методы электростатики и магнитостатики, при этом волновые уравнения электромагнитного поля вырождаются в уравнения Лапласа и Пуассона; • представление о локальном характере распространения, отражения и преломления света, когда пучок света представляется в виде совокупности сколь угодно тонких пучков лучей, распространяющихся независимо друг от друга (величина потока энергии в различных сечениях луча постоянна); • принцип Гюйгенса-Френеля.	ОПК-1.3.1
69.	В основе метода геометрической оптики лежат • методы электростатики и магнитостатики, при этом волновые уравнения электромагнитного поля вырождаются в уравнения Лапласа и Пуассона; • представление о локальном характере распространения, отражения и преломления света, когда пучок света представляется в виде совокупности сколь угодно тонких пучков лучей, распространяющихся независимо друг от друга (величина потока энергии в различных сечениях луча постоянна); • принцип Гюйгенса-Френеля.	ОПК-1.3.1
70.	В основе метода волновой (физической) оптики лежат • методы электростатики и магнитостатики, при этом волновые уравнения электромагнитного поля вырождаются в уравнения Лапласа и Пуассона; • представление о локальном характере распространения, отражения и преломления света, когда пучок света представляется в виде совокупности сколь угодно тонких пучков лучей, распространяющихся независимо друг от друга (величина потока энергии в различных сечениях луча постоянна); • принцип Гюйгенса-Френеля.	ОПК-1.3.1
71.	Дает возможность учесть явление дифракции в квазиоптической области • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	ОПК-1.3.1

72.	Не позволяет учесть явление дифракции в квазиоптической области • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод, основанный на использовании формулы Кирхгофа.	ОПК-1.3.1
73.	Фаза колебания, вызываемого участком волновой поверхности S_n (n-я зона Френеля) отличается от фазы колебания, вызванного соседним участком волновой поверхности S_{n+1} (или S_{n-1}) на • π; • $\pi/2$; • 2π.	ОПК-1.У.1
74.	Комплексный коэффициент распространения электромагнитной волны (комплексное волновое число) определяется • параметрами среды распространения; • начальной фазой колебания; • мгновенным значением амплитуды напряженности электрического поля волны.	ОПК-1.3.1
75.	Коэффициент распространения электромагнитной волны (волновое число) зависит от • параметров среды распространения; • начальной фазы колебания; • среднего за период значения вектора Пойтинга.	ОПК-1.3.1
76.	Элементарный электрический диполь представляет собой провод, по которому протекает электрический ток. При этом длина провода • $l \gg \lambda$; • $l \approx \lambda$; • $l \ll \lambda$ (λ - длина волны), так как при выполнении этого условия во всех сечениях провода в данный момент времени $t = const$ протекает одинаковый ток.	ОПК-1.У.1
77.	Скорость распространения электромагнитной волны в среде определяется • электромагнитными параметрами среды распространения; • средним за период значением вектора Пойтинга; • мгновенным значением амплитуды напряженности электрического поля волны.	ОПК-1.3.1
78.	Скорость распространения электромагнитной волны в вакууме определяется • электромагнитными постоянными; • средним за период значением вектора Пойтинга; • мгновенным значением амплитуды напряженности электрического поля волны.	ОПК-1.3.1
79.	Электромагнитная волна, у которой неизменный по величине вектор напряженности электрического поля $\vec{E}$, равномерно вращаясь, в фиксированной точке пространства с течением времени описывает окружность, называется волной с	ОПК-1.3.1

	• эллиптической поляризацией; • линейной поляризацией; • круговой поляризацией.	
80.	Электромагнитная волна, у которой воображаемый конец вектора напряженности электрического поля $\vec{E}$ в фиксированной точке пространства с течением времени перемещается вдоль отрезка прямой, совершая возвратно-поступательное движение, называется волной с • эллиптической поляризацией; • линейной поляризацией; • круговой поляризацией.	ОПК-1.3.1
81.	Если имеет место электромагнитная волна с круговой поляризацией, то для заданного момента времени $t = const$ распределение напряженности электрического поля $\vec{E}$ в направлении распространения волны представляется • эллиптической спиралью; • круговой спиралью; • гармоническим законом.	ОПК-1.У.1
82.	Если имеет место электромагнитная волна с эллиптической поляризацией, то для заданного момента времени $t = const$ распределение напряженности электрического поля $\vec{E}$ в направлении распространения волны представляется • эллиптической спиралью; • круговой спиралью; • гармоническим законом.	ОПК-1.У.1
83.	Если имеет место электромагнитная волна с линейной поляризацией, то для заданного момента времени $t = const$ распределение напряженности электрического поля $\vec{E}$ в направлении распространения волны представляется • эллиптической спиралью; • круговой спиралью; • гармоническим законом.	ОПК-1.У.1
84.	Поверхность, во всех точках которой векторы напряженностей электромагнитного поля имеет одну и ту же фазу называется • фазовым фронтом, • волновой поверхностью; • поверхностью равных амплитуд.	ОПК-1.3.1
85.	Поверхность, во всех точках которой векторы напряженностей электромагнитного поля имеет одну и ту же фазу называется • фазовым фронтом, • поверхностью равных фаз; • поверхностью равных амплитуд.	ОПК-1.3.1
86.	Если поверхности равных фаз и равных амплитуд электромагнитной волны являются плоскостями и параллельны друг другу, то такая электромагнитная волна называется • плоской неоднородной волной; • плоско поляризованной волной; • плоской однородной волной.	ОПК-1.3.1
87.	Если поверхности равных фаз и равных амплитуд электромагнитной волны являются плоскостями и при этом не	ОПК-1.3.1

	параллельны друг другу, то такая электромагнитная волна называется • плоской неоднородной волной; • плоско поляризованной волной; • плоской однородной волной.	
88.	Элементарный точечный излучатель излучает электромагнитную волну, обладающую • сферической волновой поверхностью; • цилиндрической волновой поверхностью; • плоской волновой поверхностью.	ОПК-1.3.1
89.	Комплексный векторный электродинамический потенциал $\vec{A}_\omega$, характеризующий поле элементарного электрического диполя • параллелен продольной оси диполя (электрическому моменту диполя); • перпендикулярен электрическому моменту диполя; • совпадает с направлением вектора Пойтинга.	ОПК-1.3.1
90.	Излучение электромагнитной энергии вертикальным элементарным электрическим диполем • происходит в меридиональном направлении; • концентрируется вблизи экваториальной плоскости элементарного электрического диполя; • происходит в радиальном направлении.	ОПК-1.3.1
91.	Поле, создаваемое элементарным электрическим диполем в ближней зоне, определяется следующими составляющими векторов электромагнитного поля (в сферической системе координат) • меридиональной $\dot{E}_\theta$ и радиальной $\dot{E}_r$ составляющими вектора напряженности электрического поля, а также составляющей $\dot{H}_\varphi$ напряженности магнитного поля; • $\dot{E}_r$ и $\dot{H}_\varphi$; • $\dot{E}_\theta$ и $\dot{H}_\varphi$.	ОПК-1.У.1
92.	Поле, создаваемое элементарным электрическим диполем в дальней зоне, определяется следующими составляющими векторов электромагнитного поля (в сферической системе координат) • меридиональной $\dot{E}_\theta$ и радиальной $\dot{E}_r$ составляющими вектора напряженности электрического поля, а также составляющей $\dot{H}_\varphi$ напряженности магнитного поля; • $\dot{E}_r$ и $\dot{H}_\varphi$; • $\dot{E}_\theta$ и $\dot{H}_\varphi$ (правильный ответ!).	ОПК-1.У.1
93.	Нормированная диаграмма направленности (ДН) вертикального элементарного электрического диполя по напряженности поля в дальней зоне описывается следующей функциональной зависимостью • $\sin \vartheta$; • $\cos \vartheta$;	ОПК-1.3.1

	• $\sin^2 \vartheta$.	
94.	Нормированная диаграмма направленности (ДН) вертикального элементарного электрического диполя по мощности в дальней зоне описывается следующей функциональной зависимостью • $\sin \vartheta$; • $\cos \vartheta$; • $\sin^2 \vartheta$.	ОПК-1.3.1
95.	Отношение напряженности электрического поля $\vec{E}$, создаваемого диполем, к напряженности магнитного поля $\vec{H}$ не зависит от координат точки наблюдения и источника электромагнитной волны и равно постоянной величине $\sqrt{\frac{\mu_a}{\epsilon_a}}$, которая определяется электромагнитными параметрами среды. Эта величина называется • скоростью электромагнитной волны; • волновым сопротивлением; • коэффициентом распространения электромагнитной волны.	ОПК-1.У.1
96.	Волновое сопротивление среды определяется исключительно • мгновенными значениями векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$; • скоростью распространения электромагнитной волны; • электромагнитными параметрами среды распространения.	ОПК-1.3.1
97.	Волновое сопротивление воздуха (вакуума) составляет • 120π; • 60π; • 270π.	ОПК-1.У.1
98.	Длиной электромагнитной волны называется расстояние, которое волна проходит за период времени, равный • $T/2$ (T – период электромагнитного колебания); • T; • $2T$.	ОПК-1.У.1
99.	Отношение плотности потока мощности, создаваемого реальной антенной в рассматриваемом направлении (ϑ, φ) при условии $r = \text{const}$ (r – расстояние до точки наблюдения) к плотности потока мощности, создаваемого ненаправленным изотропным излучателем, при одной и той же подводимой к ним мощности называется • диаграммой направленности; • коэффициентом направленного действия антенны; • коэффициентом усиления антенны.	ОПК-1.3.1
100.	Максимальная величина КНД (коэффициента направленного действия) элементарного электрического диполя, получаемая при $\vartheta = \pi/2$, составляет • $1,5$; • $1,0$; • $2,0$.	ОПК-1.У.1
101.	Мощность, излучаемая вертикальным элементарным	ОПК-1.У.1

	электрическим диполем • прямо пропорциональна квадрату тока, протекающего по проводнику, и квадрату длины диполя; • обратно пропорциональна квадрату тока, протекающего по проводнику, и квадрату длины диполя; • зависит только от длины излучаемой волны.	
--	---	--

Примечание

1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5 тип) Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

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, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- в устной форме с демонстрацией отдельных таблиц, формул и иного графического материала письменной форме на доске посредством мела или маркера;
- в форме открытой дискуссии при обсуждении вопросов, освещаемых в лекциях;

Освоению лекционного курса может способствовать литература, имеющаяся в библиотеке ГУАП, указанная выше в таблицах 7 и 8.

Отдельные темы лекционного курса, представленные в виде презентации, размещены в системе LMS (см. папку «ПРЕЗЕНТАЦИИ_ЭД_РП_2016»).

Освоению лекционного курса может способствовать литература, размещенная в системе LMS (см. папку «ЛЕКЦИИ_ЭД_РП_2016»):

1. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учебное пособие / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1989. - 544 с. : рис. - Библиогр.: с. 540 - 543. - ISBN 5-02-014033-3.
2. В. С. Калашников, Л. Я. Родос. Электродинамика и распространение радиоволн (электродинамика): Письменные лекции. Спб: СЗТУ. 2001. 88 с.

В таблице Б приведены темы лекционных занятий и соответствующие им страницы в учебном пособии «Электродинамика и распространение радиоволн» авторов В. В. Никольского, Т. И. Никольской. М.: Наука, 1989.

Таблица Б.

Номер раздела лекционного курса	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий	Названия разделов и номера страниц учебного пособия
1.	Введение.	п.1.1 Заряды, токи и векторы

	Тема 1. Предмет электродинамики, определение электромагнитного поля, источники возникновения электромагнитного поля. Тема 2. Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности постоянного тока. Тема 3. Векторы электромагнитного поля. Графическое изображение векторных полей. Тема 4. Электромагнитные параметры сред. Классификация сред по электрическим и магнитным свойствам.	поля. п.п.1.1.1 Заряды и токи. п.п.1.1.2 Электромагнетизм и электромагнитное поле. (с.22 – 26). п. 1.3 Свойства материальных сред. п.п. 1.3.1 Материальные уравнения. п.п. 1.3.2 Поляризация и намагничивание. п.п. 1.3.3 Электропроводность. п.п. 1.3.4 Проводники и диэлектрики. (с.35 – 42)
2.	Система уравнений электромагнитного поля. Тема 1. Уравнения Максвелла в интегральной форме и их физический смысл. Принцип непрерывности магнитного потока. Тема 2. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме и их физический смысл. Уравнение непрерывности тока. Тема 3. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Условия на границе идеального проводника. Тема 4. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Тема 5. Комплексная диэлектрическая проницаемость и относительность классификации сред по электрической проводимости. Тема 6. Сторонние силы электрического и магнитного типа и полная симметричная система уравнений электромагнитного поля.	п.1.2 Уравнения Максвелла п.п.1.2.1 Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах. п.п.1.2.2 Первое уравнение Максвелла: полный ток и магнитное поле. п.п.1.2.3 Второе уравнение Максвелла: обобщённый закон об электромагнитной индукции. п.п.1.2.4 Третье уравнение Максвелла: электрическое поле и заряды. п.п.1.2.5 Четвёртое уравнение Максвелла: непрерывность линий вектора В. (с.27 – 35) п. 1.3 Свойства материальных сред. п.п. 1.3.1 Материальные уравнения. п.п. 1.3.2 Поляризация и намагничивание. п.п. 1.3.3 Электропроводность. п.п. 1.3.4 Проводники и диэлектрики. п.п. 1.3.5 Типы сред в электродинамике. п.п. 1.3.6 Замечания о материальных уравнениях. п.п. 1.3.7 Примеры сред. (с.35 – 42) п.1.4 Поля на границах раздела сред. п.п. 1.4.1 Поля, заряды и токи на границах. п.п. 1.4.2 Граничные условия для

		векторов электрического поля. п.п. 1.4.3 Граничные условия для векторов магнитного поля. (с.42 – 47) п.1.6 Система уравнений и задачи электродинамики. п.п.1.6.1 Система уравнений Максвелла. п.п.1.6.2 Задачи электродинамики классы электромагнитных явлений. (с.58 – 61) п. 3.0. Используемые математические понятия и символы. п.п.3.0.1 Гармонические колебания и комплексные амплитуды. п.п.3.0.2. Средние значения п.п.3.0.3 Разложение Фурье и комплексные амплитуды. (с.113 – 116) п.3.2 Гармонические колебания. Уравнения электродинамики в комплексной форме. п.п. 3.2.1 Уравнения Максвелла относительно комплексных амплитуд. (с.119 – 121)
3.	Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Тема 1. Энергия и мощность электромагнитного поля. Тема 2. Теорема Пойтинга о балансе энергии электромагнитного поля в дифференциальной, интегральной и комплексной формах. Тема 3. Вектор Умова-Пойтинга и его физический смысл, скорость движения энергии.	п. 1.5 Локализация и движение энергии поля. п.п. 1.5.1. Закон Джоуля-Ленца и превращение энергии. п.п. 1.5.2 Баланс энергии поля. п.п. 1.5.3 Энергия электромагнитного поля. п.п. 1.5.4 Локальный баланс и движение энергии. (с.49 – 57) п. 3.3 Баланс энергии при гармонических колебаниях. п.п. 3.3.1 Средние величины: энергия, мощность, поток энергии. п.п. 3.3.2 Средний баланс энергии. (с.123 -127)
4.	Волновые уравнения и электродинамические потенциалы. Тема 1. Волновые уравнения для векторов электромагнитного поля, уравнение Даламбера. Тема 2. Скалярный и векторный электродинамические потенциалы,	п.3.1 Уравнения электродинамики. п.п. 3.1.1 Система уравнений Максвелла. Источники поля. п.п. 3.1.2 Уравнения электродинамики второго порядка.

	волновые уравнения для электродинамических потенциалов. Тема 3. Вектор Герца, волновые уравнения относительно вектора Герца. Тема 4. Уравнения Гельмгольца. Тема 5. Классификация уравнений электромагнитного поля, вихревые и потенциальные поля.	п.п. 3.1.3 Потенциалы в электродинамике. (с.116 – 119) п.3.2 Гармонические колебания. Уравнения электродинамики в комплексной форме п.п. 3.2.2 Уравнения электродинамики второго порядка в комплексной форме. (с.121 – 122) п.6.0 Используемые математические понятия и символы. п.п. 6.0.1 Однородное уравнение Гельмгольца. Задачи для продольно-однородных структур. п.п. 6.0.2 Краевые (граничные) задачи для двумерного уравнения Гельмгольца. Собственные функции и собственные значения. (с.198 – 201)
5.	Основные методы и теоремы, используемые при решении задач электродинамики. Тема 1. Единственность решения задач электродинамики. Принцип суперпозиции для электромагнитных полей. Принцип перестановочной двойственности. Тема 2. Теорема взаимности. Тема 3. Два класса независимых решений уравнений Максвелла. Тема 4. Решение уравнений Максвелла при заданных источниках. Тема 5. Решение уравнений Максвелла для гармонических колебаний. Решение неоднородного волнового уравнения для электромагнитного поля в неограниченной однородной среде. Тема 6. Решение волнового уравнения методом разделения переменных. Тема 7. Решение волнового уравнения для области, ограниченной замкнутой поверхностью: скалярная формула Кирхгофа, векторный аналог формулы Кирхгофа. Тема 8. Теорема эквивалентности. Тема 9. Функция Грина.	п. 3.4 Общие свойства решений системы уравнений электродинамики в комплексной форме. п.п. 3.4.1 О единственности решений. п.п. 3.4.2 Принцип взаимности. п.п. 3.4.3 Перестановочная двойственность уравнений Максвелла. Магнитные токи. (с.128 – 134) п. 4.0 Общие сведения о волновых процессах. п.п. 4.0.4 Простейшие решения волновых уравнений. п. 4.1 Плоские однородные электромагнитные волны. п.п. 4.1.2 Простейшее решение уравнений электродинамики в комплексной форме. (с.135 – 142) п.7.0 Решение двумерного уравнения Гельмгольца методом разделения переменных. п.п.7.0.1 Задачи в декартовых координатах. (с. 223 -225) п.9.0 Предварительные математические сведения.

	Тема 10. Приближенные методы решения задач электродинамики, выбор метода решения. Тема 11. Метод геометрической оптики. Тема 12. Принцип Гюйгенса-Френеля, метод волновой оптики, зоны Френеля.	п.п. 9.0.1 Интегрирование неоднородного уравнения Гельмгольца. (с.318 – 319) п.10.1 Электродинамические задачи дифракции. п.п.10.1.1 Общие представления. Постановка задач. п.п.10.1.2 Приближенные подходы. Метод Гюйгенса-Кирхгофа. (с.343 – 347) п.10.2 Отверстие в экране. Дифракция Фраунгофера. п.п.10.2.1 Постановка задачи. Применение метода Гюйгенса-Кирхгофа. п.п.10.2.2 Анализ дифракции Фраунгофера. (с.347 – 353) п.10.3 Отверстие в экране. Дифракция Френеля. п.п.10.3.1 изменение условий наблюдения. п.п.10.3.2 Анализ дифракции Френеля. (с.453 – 361)
6.	Излучение электромагнитных волн Тема1. Основная задача теории излучения. Волновая поверхность, фронт волны, фазовая скорость, длина волны. Плоские и сферические волны. Тема 2. Поляризация электромагнитных волн, виды поляризации, условия и способы возбуждения электромагнитных волн с линейной, круговой и эллиптической поляризацией. Тема 3. Поле элементарного электрического диполя. Тема 4. Свойства поля элементарного электрического диполя; ближняя и дальняя зоны. Тема 5. Излучение электромагнитного поля электрическим диполем. Тема 6. Излучение элементарного магнитного диполя. Тема 7. Излучение элемента Гюйгенса.	п. 4.2. Поляризация и сложение поля п.п. 4.2.1 Понятие поляризации волны. (с.146 – 149) п.9.1 Излучение заданных источников. п.п. 9.1.1 Постановка и обсуждение задачи. п.п. 9.1.2 Анализ решений. (с.321 – 324) п.9.2 Элементарный электрический излучатель. Диполь Герца. п.п. 9.2.1 Элемент переменного тока и колеблющийся диполь. п.п. 9.2.2 Поле излучения диполя Герца. п.п. 9.2.3 Элементарный электрический излучатель как антенна. (с.324 – 332) п. 9.3 Элементарный магнитный излучатель.

		п.п. 9.3.1 Постановка задачи. п.п. 9.3.2 Поле излучение магнитного диполя Герца. (с.332 – 335) п. 9.4 Обобщенная задача об излучении элемента Гюйгенса. п.п. 9.4.1 Обобщенная задача об изучении и её решение. п.п. 9.4.2 Эквивалентные источники принцип Гюйгенса. п.п. 9.4.3 Элементы Гюйгенса. (с.336 – 343)
7.	Плоские электромагнитные волны Тема 1. Волновое уравнение для плоской волны. Плоские электромагнитные волны в различных изотропных средах (диэлектрике, полупроводящей среде, проводнике).	п. 4.1 Плоские однородные электромагнитные волны. п.п. 4.1.2 Простейшее решение уравнений электродинамики в комплексной форме. п.п. 4.1.3 Волны в непоглощающей среде. п.п. 4.1.4 Волны в поглощающей среде. (с.135 – 146) п. 4.3 Дисперсия, разные оценки скорости. п.п. 4.3.1 Общее представление о дисперсии сред и распространении сигналов. п.п. 4.3.2 Анализ слабой дисперсии: групповая скорость волнового процесса. (с.149 – 152)
8.	Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы Тема 1. Общие сведения о направляющих системах и направляемых электромагнитных волнах. Тема 2. Открытая двухпроводная и коаксиальная линии. Тема 3. Волновод, образованный параллельными идеально проводящими плоскостями. Тема 4. Распространение электромагнитных волн в волноводах прямоугольного сечения. Тема 5. Распространение электромагнитных волн в волноводах круглого сечения. Тема 6. Пропускаемая	п.5.3 Полное отражение и направляемые волны. п.п. 5.3.1 Волны вдоль идеально проводящей плоскости. п.п. 5.3.2 Плоский полый волновод. п.п. 5.3.3 волны вдоль плоской границы диэлектриков. п.п. 5.3.4 Плоский диэлектрический волновод. (с.172 – 184) п. 7.1 Прямоугольный волновод. п.п. 7.1.1 Решение задачи. п.п. 7.1.2 Анализ волновых процессов. п.п. 7.1.3 Невырожденные волны. Основная волна в реальном волноводе. (с.231 – 243)

	мощность, характеристическое сопротивление и коэффициент затухания волновода.	п.7.2 Другие полые волноводы. п.п. 7.2.1 Круглый волновод. Решение задачи. п.п. 7.2.2 Анализ волновых процессов. п.п. 7.2.3 Передача энергии. Учёт проводимости металла. (с.243 – 256) п. 7.3 Многосвязные направляющие структуры. п.п. 7.3.1 Коаксиальная линия. п.п. 7.3.2 Обоснование теории длинных линий. (с.257 – 263)
9.	Статические и стационарные поля Тема 1. Система уравнений электростатики, скалярные уравнения Пуассона и Лапласа и их решения. Тема 2. Магнитостатика. Магнитное поле постоянных токов, векторные уравнения Пуассона и Лапласа.	п.2.1. Стационарное поле, электростатика и магнитостатика. п.п.2.1.1 Система уравнений стационарного электромагнитного поля. п.п.2.1.2.Система уравнений и общие понятия электростатики. п.п.2.1.3 Магнитостатика. (с.67 – 72)

Кроме того, освоению лекционного курса может способствовать литература, размещённая на сайтах, указанных в таблице 9 «Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины».

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

В соответствии с учебным планом дисциплина «Электродинамика» предполагает проведение лабораторных работ. Наименование лабораторных работ и соответствующее им количество учебных часов приведены выше в таблице 5.

Лабораторные занятия проводятся в специальной лаборатории «Электродинамика и распространение радиоволн» кафедры № 21 «Радиотехнических систем и оптоэлектронных комплексов» в аудитории 11-01а на ул. Б. Морской.

Для выполнения лабораторных работ, обучающиеся на добровольной основе формируют из состава группы несколько «бригад» по 2 – 3 человека в каждой. Каждой из «бригад» преподавателем назначается лабораторная работа. Каждой лабораторной работе предшествует коллоквиум, который проходится следующим образом. Каждому студенту в «бригаде» преподаватель персонально задаёт 1 – 2 вопроса, касающиеся либо порядка выполнения лабораторной работы, либо физической сути исследуемого в ней явления. Студент считается допущенным к выполнению лабораторной работы только после успешной сдачи коллоквиума.

Экспериментальные данные, полученные в ходе выполнения лабораторной работы и представленные в табличной форме, заносятся в протокол. Допускается наличие одного протокола на «бригаду».

Защита лабораторных работ предполагает наличие отчёта у каждого из обучающихся. Отчёт должен быть выполнен по всем правилам, предусмотренным методическими указаниями к лабораторной работе и нормативной документацией ВУЗа.

После ознакомления с содержанием отчёта и представленными в нём результатами исследования, преподаватель задаёт каждому из обучающихся несколько вопросов, касающихся либо теоретического материала, изложенного в методических указаниях, либо анализа полученных экспериментальных данных. Только после успешных ответов обучающегося на вопросы преподавателя и усвоения им теоретического материала, ставится оценка.

Таким образом, при проведении лабораторных занятий преподаватель осуществляет контроль успеваемости посредством следующих средств:

- оцениваются ответы студентов при сдаче коллоквиума;
- оценивается успешное выполнение программы исследований, изложенной в методических указаниях и грамотное оформление протокола;
- оценивается грамотное оформление отчёта по лабораторной работе в соответствии с требованиями методических указаний, а также наличие в отчёте выводов о результатах проведённых исследований;
- оцениваются ответы студентов в ходе защиты лабораторной работы.

Все оценки, в том числе итоговая, выставляются по 5-бальной шкале.

Для каждой из указанных в таблице 5 лабораторных работ в библиотеке ГУАП и в лаборатории в ауд. 11-01а имеются методические указания.

В таблице С представлен перечень методических указаний к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электродинамика».

Таблица С – Перечень методических указаний к выполнению лабораторных работ

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.372 И85	Исследование структуры поля волн H_{10} и H_{20} при различных нагрузках волновода [Текст] : методические указания к лабораторной работе / С.-Петерб. гос. акад. аэрокосм. приборостроения ; сост.: Д. В. Благовещенский, Б. Т. Никитин. - СПб. : Изд-во ГУАП, 1996. - 43 с. : граф., табл. - Библиогр.: с. 42 (5 назв.).	Электронный ресурс

537(ГУАП) И88	Исследование поляризационных характеристик электромагнитных волн [Текст] : методические указания к выполнению лабораторной работы / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: В. С. Калашников, Л. А. Федорова. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2005. - 21 с. : табл., рис. - Библиогр.: с. 21 (2 назв.).	44 Фонд учебного корпуса (Гастелло) 37 Студ.отдел (БМ)
26-31	Исследование поверхностных волн, распространяющихся вдоль плоских замедляющих систем [Текст] : методические указания к выполнению лабораторной работы / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; Сост. В. С. Калашников. - СПб. : Изд-во ГААП, 2003. - 25 с. : табл., граф.	9 Студ.отдел (БМ)
26-10 М54	Методическая разработка к выполнению лабораторной работы "Исследование дисперсии и затухания волн в волноводе прямоугольного сечения" [Текст] : лабораторная работа / Ленингр. ин-т авиац. приборостроения ; Сост. Л. А. Федорова; Ред. Б. Т. Никитин. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2005. - 21 с. : табл., рис.	5 Фонд учебного корпуса (Гастелло) 211 Студ.отдел (БМ)

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ обозначены цели каждой работы, приводится перечень лабораторного оборудования и схема лабораторной установки. В сжатой форме даны основные терминологические понятия, относящиеся к исследованию, разъяснена суть исследуемых физических явлений, приведены расчётные формулы. Там же представлены таблицы экспериментальных данных, полученных обучающимися в ходе выполнения лабораторной работы. Кроме того, методические указания содержат как план исследования, так и методику обработки экспериментальных данных, способы их представления (посредством таблиц и графиков), а также примерные контрольные вопросы. Отдельным пунктом в методических указаниях изложено содержание отчёта о лабораторной работе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Приводятся в методических указаниях к выполнению лабораторных работ, представленных в таблице С, а также в разделе нормативной документации сайта ГУАП http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Приводятся в методических указаниях к выполнению лабораторных работ, представленных в таблице С, а также в разделе нормативной документации сайта ГУАП http://guap.ru/guap/standart/titl_main.shtml.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, является учебно-методический материал по дисциплине, представленные в таблицах 7 и 8.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электродинамика» предложены следующие темы, представленные в таблице 21.

Таблица 21 - Темы теоретического материала для самостоятельного изучения

№ п/п	Темы на самостоятельное изучение
Раздел 5. Основные методы и теоремы, используемые при решении задач электродинамики	
1.	Дифракция электромагнитных волн на различного рода препятствиях, основы методов решения задач дифракции.
2.	Метод краевых волн в теории дифракции.
3.	Рефракция электромагнитных волн.
Раздел 6. Излучение электромагнитных волн.	
1.	Поле точечного изотропного источника.
Раздел 7. Плоские электромагнитные волны.	
1.	Плоские волны в однородных анизотропных и гиротропных средах.
2.	Волновые явления на границе раздела двух сред. Поверхностный эффект.
3.	Отражение плоских волн на границе раздела двух сред. Законы Снеллиуса. Коэффициенты отражения и преломления Френеля. Угол полного преломления. Потери в проводящей среде.
Раздел 8. Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы.	
1.	Дисперсия электромагнитных волн в волноводе.
2.	Возбуждение и связь волноводов.
3.	Замедляющие системы.
4.	Резонаторы. Возбуждение волн в направляющих системах и резонаторах.
5.	Элементы направляющих систем и трактов СВЧ.
Раздел 9. Статические и стационарные поля.	
1.	Электростатическое поле точечных зарядов и диполя.
2.	Метод зеркальных изображений.
3.	Энергия электростатического поля.
4.	Энергия стационарного магнитного поля.

В таблице Д приведены темы самостоятельной работы обучающихся и соответствующие им страницы в учебном пособии «Электродинамика и распространение радиоволн» авторов В. В. Никольского, Т. И. Никольской. М.: Наука, 1989.

Таблица Д.

Номер	Название и содержание разделов и	Названия разделов и номера
-------	----------------------------------	----------------------------

раздела лекционного курса	тем лекционных занятий	страниц учебного пособия
5.	Основные методы и теоремы, используемые при решении задач электродинамики Тема 1. Дифракция электромагнитных волн на различного рода препятствиях, основы методов решения задач дифракции. Тема 2. Метод краевых волн в теории дифракции. Тема 3. Рефракция электромагнитных волн.	п.10.1 Электродинамические задачи дифракции. п.п.10.1.1 Общие представления. Постановка задач. п.п.10.1.2 Приближенные подходы. Метод Гюйгенса-Кирхгофа. (с.343 – 347) п.10.2 Отверстие в экране. Дифракция Фраунгофера. п.п.10.2.1 Постановка задачи. Применение метода Гюйгенса-Кирхгофа. п.п.10.2.2 Анализ дифракции Фраунгофера. (с.347 – 353) п.10.3 Отверстие в экране. Дифракция Френеля. п.п.10.3.1 изменение условий наблюдения. п.п.10.3.2 Анализ дифракции Френеля. (с.453 – 361) п.10.5 Дифракция на цилиндре. п.п. 10.5.1 Постановка задачи. п.п. 10.5.2 Параллельная поляризация. п.п. 10.5.3 Перпендикулярная поляризация. п.п. 10.5.4 Обсуждение результатов. (с.368 – 373)
6.	Излучение электромагнитных волн. Тема 1. Поле точечного изотропного источника.	п.9.0 Предварительные математические сведения. п.п. 9.0.1 Интегрирование неоднородного уравнения Гельмгольца. п.п. 9.0.2 Условие излучения. (с.318 – 321) п.9.1 Излучение заданных источников. п.п. 9.1.1 Постановка и обсуждение задачи. п.п. 9.1.2 Анализ решений. (с.321 – 324)
7.	. Плоские электромагнитные волны. Тема 1. Плоские волны в однородных анизотропных и гиротропных средах. Тема 2. Волновые явления	п.5.1 Отражение и преломление. п.п.5.1.1 Электромагнитные волны и оптические лучи. п.п.5.1.2 Падение волны на границу раздела сред. Постановка задачи. п.п.5.1.3 Законы Снеллиуса.

	на границе раздела двух сред. Поверхностный эффект. Тема 3. Отражение плоских волн на границе раздела двух сред. Законы Снеллиуса. Коэффициенты отражения и преломления Френеля. Угол полного преломления. Потери в проводящей среде.	п.п.5.1.4 Следствия второго закона Снеллиуса. п.п.5.1.5 Преломление при поглощении. (с.155 – 162) п. 5.2 Поля при падении волны на границу раздела сред. п.п.5.2.1 случай нормального падения. п.п.5.2.2 Наклонное падение. Формулы Френеля. п.п.5.2.3 Полное электромагнитное поле. (с.162 – 171)
8.	Направляемые электромагнитные волны и направляющие системы Тема 1. Дисперсия электромагнитных волн в волноводе. Тема 2. Возбуждение и связь волноводов. Тема 3. Замедляющие системы. Тема 4. Резонаторы. Возбуждение волн в направляющих системах и резонаторах. Тема 5. Элементы направляющих систем и трактов СВЧ.	п. 4.3 Дисперсия, разные оценки скорости. п.п. 4.3.1 Общее представление о дисперсии сред и распространении сигналов. п.п. 4.3.2 Анализ слабой дисперсии: групповая скорость волнового процесса. (с.149 – 152) п.6.3 Периодические структуры. п.п.6.3.1 Постановка задачи. Общие сведения о волновых процессах. п.п.6.3.2 Частые периодические структуры: импедансные поверхности. (с.212- 215) п.6.4 Передача и потери энергии в структурах п.п.6.4.1 Передаваемая мощность и погонные потери. п.п.6.4.2 Затухание в продольно-однородных структурах: энергетический анализ. п.п.6.4.3 Аналитическое определение коэффициента затухания. (с.216 – 222) п.7.4 Диэлектрические волноводы и родственные структуры. п.п. 7.4.1 Типы структур с диэлектрическими элементами. п.п. 7.4.2 Круглый диэлектрический волновод. (с.263 – 269) п.7.5 Полосковые, щелевые и другие планарные структуры. п.п. 7.5.1 Типы планарных структур. О развитии линий

		передачи. п.п. 7.5.2 Волновые процессы в планарных структурах. (с.276 – 281) п.8.1 Общая теория электромагнитных резонаторов. п.п.8.1.1 Накопление энергии в объеме. Резонатор и направляющая структура. п.п.8.1.2 Свойства полей резонаторов. п.п.8.1.3 Учёт потерь. Добротность резонаторов. (с.294 – 302) п.8.2 Полые резонаторы. п.п.8.2.1 Прямоугольный резонатор. п.п.8.2.2 цилиндрический резонатор. п.п.8.2.3 Другие полые резонаторы. (с.303 – 314) п.11.1 Вынужденные колебания. Излучение в полости. п.п.11.1.1 Постановка задачи. п.п.11.1.2 Собственные колебания резонатора и базис полей. п.п.11.1.3 Вынужденные колебания полого резонатора и базис полей. (с.384 – 390) п.11.2 Вынужденные волны. Излучение в волноводе. п.п.11.2.1 Постановка задачи. п.п.11.2.2 собственные волны волновода. п.п.11.2.3 Вынужденные волны полого волновода. Решение задачи. (с.396 – 402)
9.	Статические и стационарные поля. Тема 1. Электростатическое поле точечных зарядов и диполя. Тема 2. Метод зеркальных изображений. Тема 3. Энергия электростатического поля. Тема 4. Энергия стационарного магнитного поля.	п.2.1. Стационарное поле, электростатика и магнитостатика. п.п.2.1.1 Система уравнений стационарного электромагнитного поля. п.п.2.1.2.Система уравнений и общие понятия электростатики. п.п.2.1.3 Магнитостатика. (с.67 – 72) п.2.2 Электростатические поля. п.п. 2.2.1 Системы зарядов. п.п. 2.2.2 Проводники в электростатике. п.п. 2.2.3 Емкость. п.п. 2.2.4 Диэлектрики в

		электростатике. (с.72 – 83) п.2.3 стационарные магнитные поля. п.п. 2.3.1 Основные уравнения и закон Био-Савара. п.п. 2.3.2 Потенциалы в теории стационарного магнитного поля. (с.88 – 91) п.2.4 Энергия стационарных полей и их общие свойства. п.п. 2.4.1 Электрическая энергия и заряд. п.п. 2.4.2 Магнитная энергия. Индуктивность. п.п. 2.4.3 Общие свойства стационарного электромагнитного поля. п.п. 2.4.4 Аналогия постоянных токов и электростатических полей. (с.99 – 109)
--	--	--

Контроль самостоятельной работы студентов в течение семестра осуществляется следующим образом. В течение семестра каждый студент должен представить преподавателю либо доклад, либо презентацию на выбранную им или указанную преподавателем тему. Доклад должен содержать не менее 5 страниц текста, презентация - не менее 10 слайдов.

Каждая представленная самостоятельная работа оценивается преподавателем по 5-бальной шкале исходя из следующих критериев:

- соответствия предложенной теме;
- качества иллюстративного и графического материалов;
- глубины раскрытия темы.

Те доклады и презентации, которые наилучшим образом раскрывают выбранную тему, могут быть, по согласию студента, представлены на всеобщее обсуждение в ходе лекционных занятий.

При выполнении самостоятельной работы обучающиеся могут пользоваться литературой и учебно-справочными материалами, представленными в таблицах 7 – 9.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Проверка усвоения лекционного материала осуществляется тестированием студентов, список примерных тестов представлен в таблице 18. Подготовленность к выполнению лабораторных работ проверяется опросом студентов в соответствие со списком контрольных вопросов, представленных в методических указаниях к лабораторным работам

Система оценок по прохождению текущего контроля успеваемости осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего

образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой