

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.

(должность, уч. степень, звание)

Ю.В. Бакшеева

(инициалы, фамилия)

20.01 2025 (подпись)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электродинамика и распространение радиоволн»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Радиотехника
Наименование направленности	Радиотехнические технологии и аппаратный интерфейс нейронных сетей
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доц. 21 каф., К.Т.Н. (должность, уч. степень, звание) (подпись, дата)

М.Р. Бидарсов (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 21

«20» 01 2025 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой № 21

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

(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 и распространение радиоволн» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.01 «Радиотехника» направленности «Радиотехнические технологии и аппаратный интерфейс нейронных сетей». Дисциплина реализуется кафедрой «№21».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ, а также с использованием методов искусственного интеллекта»

ПК-3 «Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, аппаратного интерфейса нейронных сетей»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с электромагнетизмом.

Данная дисциплина объединяет проблемы, основанные на свойствах и особенностях электромагнитного поля. Главной задачей является раскрытие физического содержания электромагнитных процессов в различных средах, структуры полей и поведения волновых явлений. Особая роль отводится уравнениям Максвелла, которые наиболее полно описывают всю совокупность электромагнитных явлений в макроскопических масштабах.

Изучение дисциплины должно способствовать усвоению физической сущности волновых процессов, причин и источников излучения волн, методов решения задач определения полей на заданных расстояниях. Особую роль здесь играет то обстоятельство, как волны ведут себя в различных однородных и неоднородных средах, на границе раздела сред, как они преломляются и отражаются.

Изучение дисциплины дает представление о различных направляющих структурах, что крайне важно в вопросах техники СВЧ, о замедляющих структурах, на которых построены многие элементы радиоэлектроники, о резонаторах, широко используемых в различных радиосистемах.

Данная дисциплина дает возможность понять закономерности условий распространения радиоволн в околоземном пространстве, в нижней и верхней атмосфере.

С физической точки зрения рассматриваются различные явления - рассеяние, дифракция, рефракция и т. д. Важная роль отводится здесь поведению радиоволн в условиях воздействия на них различного рода препятствий.

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

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

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

Данная дисциплина объединяет проблемы, основанные на свойствах и особенностях электромагнитного поля. Главной задачей является раскрытие физического содержания электромагнитных процессов в различных средах, структуры полей и поведения волновых явлений. Особая роль отводится уравнениям Максвелла, которые наиболее полно описывают всю совокупность электромагнитных явлений в макроскопических масштабах.

Изучение дисциплины должно способствовать усвоению физической сущности волновых процессов, причин и источников излучения волн, методов решения задач определения полей на заданных расстояниях. Особую роль здесь играет то обстоятельство, как волны ведут себя в различных однородных и неоднородных средах, на границе раздела сред, как они преломляются и отражаются.

Изучение дисциплины дает представление о различных направляющих структурах, что крайне важно в вопросах техники СВЧ, о замедляющих структурах, на которых построены многие элементы радиоэлектроники, о резонаторах, широко используемых в различных радиосистемах.

Данная дисциплина дает возможность понять закономерности условий распространения радиоволн в околоземном пространстве, в нижней и верхней атмосфере.

С физической точки зрения рассматриваются различные явления - рассеяние, дифракция, рефракция и т.д. Важная роль отводится здесь поведению радиоволн в условиях воздействия на них различного рода препятствий.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, 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
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ, а также с использованием методов искусственного интеллекта	ПК-1.У.1 уметь строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков радиотехнических устройств и систем
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, аппаратного интерфейса нейронных сетей	ПК-3.3.1 знать основные технические характеристики радиотехнических систем ПК-3.У.1 уметь осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика»,
- «Физика»,
- «Электроника»,
- «Электротехника».

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

- «Современные системы связи»,
- «Устройства приема и обработки сигналов»,
- «Специальные радиотехнические технологии».

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	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	21	21
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

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

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Основные положения теории электромагнетизма	10				4
Раздел 2. Излучение электромагнитного поля	6		4		4

Раздел 3. Плоские электромагнитные волны	4		4		3
Раздел 4. Линии передачи, волноводы	6		4		5
Раздел 5. Распространение радиоволн	8		5		5
Итого в семестре:	34		17		21
Итого	34	0	17	0	21

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	Основные положения теории электромагнетизма Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма Дифференциальная форма закона Ома. Законы: Гаусса, неразрывности магнитных силовых линий, полного тока, электромагнитной индукции. Материальное уравнение для электрического поля. Явление намагничивания. Полная система уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла для монохроматических колебаний. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь. Уравнения Гельмгольца. Волновой характер электромагнитного поля. Граничные условия Энергия электромагнитного поля. Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Теорема Умова-Пойнтинга. Граничные задачи электродинамики. Аналитические и численные методы решения граничных задач.
2	Излучение электромагнитного поля Излучение электромагнитных волн в свободном пространстве Электродинамические потенциалы Теорема запаздывающих потенциалов Возбуждение электромагнитных полей заданными источниками Дифракционный метод Кирхгофа и излучение электромагнитных волн различными источниками
3	Плоские электромагнитные волны Плоские волны в различных средах Нормальное падение волн на идеальный металл Нормальное падение волн на диэлектрик Падение волн под произвольным углом Угол Брюстера Полное внутреннее отражение
4	Линии передачи, волноводы Электромагнитные волны в направляющих системах Виды направляющих систем, собственные волны в волноводах, поверхностные волны, волны в микрополосковых, щелевых и квазиоптических системах, возбуждение направляющих систем, потери энергии Электромагнитные колебания в объемных резонаторах Резонаторы простой формы, собственная добротность резонаторов
5	Распространение радиоволн. Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли Законы распространения волн над поверхностью Земли, в атмосфере и ионосфере Тропосферное распространение радиоволн Распространение радиоволн в условиях пересеченной местности и при наличии препятствий Модели и методы расчета радиотрасс

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

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

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5				
1	Исследование дифракции электромагнитных волн, часть 1	2	2	2
2	Исследование дифракции электромагнитных волн, часть 2	2	2	2
3	Исследование поверхностных волн и замедляющих структур, часть 1	2	2	3
4	Исследование поверхностных волн и замедляющих структур, часть 2	2	2	3
5	Исследование структуры электромагнитного поля над проводящей поверхностью, часть 1	2	2	4
6	Исследование структуры электромагнитного поля над проводящей поверхностью, часть 2	2	2	4
7	Исследование электрических параметров сред с шероховатой поверхностью, часть 1	2	2	5
8	Исследование электрических параметров сред с шероховатой поверхностью, часть 2	3	3	5
Всего		17	17	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	11	11
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	5	5
Всего:	21	21

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

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

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
537.8(075) Г 83 537	Электродинамика и микроволновая техника: учебник/ А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп.. - СПб.: Лань, 2007. - 704 с.	1ФО(2), ГС(12), ГСЧЗ(1)
621.396.2 К 85 621.396	Направляющие среды в электросвязи и средства их защиты: учебное пособие/ А. Ф. Крячко; С.-Петерб. гос. политехн. ун-т. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - 132 с.:	СО(10), ФО(4)
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	12 Фонд учебного корпуса (Гастелло) 61

	[Электронный ресурс]: учебное пособие/ В. С. Калашников, А. В. Прусов; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. 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.-Петерб. 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.rasl.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.loc.gov/index.html	Библиотека Конгресса
http://www.bl.uk	Британская национальная библиотека
http://www.bnf.fr	Французская национальная библиотека
http://www.ddb.de	Немецкая национальная библиотека
http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/re-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 (БМ)

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.

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 привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1.	Основные сведения об электромагнитном поле.	ПК-3.3.1
2.	Закон сохранения заряда и уравнение непрерывности постоянного тока.	ПК-3.3.1
3.	Электромагнитные параметры и виды сред.	ПК-3.3.1
4.	Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома.	ПК-3.3.1
5.	Материальные уравнения электромагнитного поля.	ПК-3.3.1
6.	Уравнения Максвелла в интегральной форме и их физический смысл.	ПК-3.3.1
7.	Закон полного тока. Первое уравнение Максвелла.	ПК-3.3.1
8.	Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла.	ПК-3.3.1

9.	Закон неразрывности магнитных силовых линий. Четвертое уравнение Максвелла.	ПК-3.3.1
10.	Уравнения Максвелла в дифференциальной форме и их физический смысл.	ПК-3.3.1
11.	Граничные условия для векторов электрического поля.	ПК-3.3.1
12.	Граничные условия для векторов магнитного поля.	ПК-3.3.1
13.	Условия на границе идеального проводника.	ПК-3.3.1
14.	Сторонние силы и полная система уравнений Максвелла.	ПК-3.3.1
15.	Уравнения Максвелла для монохроматических колебаний.	ПК-3.3.1
16.	Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь.	ПК-3.3.1
17.	Относительность классификации сред по электрической проводимости.	ПК-3.3.1
18.	Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Вектор Пойтинга.	ПК-3.3.1
19.	Волновые уравнения для векторов электромагнитного поля. Уравнение Даламбера.	ПК-3.3.1
20.	Скалярный и векторный электродинамические потенциалы. Запаздывающие потенциалы и их физический смысл.	ПК-3.3.1
21.	Волновые уравнения для электродинамических потенциалов.	ПК-3.3.1
22.	Волновые уравнения для вектора Герца.	ПК-3.3.1
23.	Уравнения Гельмгольца. Волновой характер электромагнитного поля.	ПК-3.3.1
24.	Классификация уравнений электромагнитного поля. Вихревые и потенциальные поля.	ПК-3.3.1
25.	Принцип суперпозиции для электромагнитных полей.	ПК-1.У.1
26.	Принцип перестановочной двойственности.	ПК-1.У.1
27.	Теорема взаимности.	ПК-1.У.1
28.	Два класса независимых решений уравнений Максвелла.	ПК-3.3.1
29.	Решение неоднородного волнового уравнения для электромагнитного поля в неограниченной неоднородной среде.	ПК-3.У.1
30.	Решение волнового уравнения методом разделения переменных.	ПК-3.У.1
31.	Решение волнового уравнения для области, ограниченной замкнутой поверхностью. Формула Кирхгофа.	ПК-3.У.1
32.	Теорема эквивалентности.	ПК-3.3.1
33.	Три области расположения граничной поверхности в электромагнитном поле. Особенности решения электродинамических задач в этих областях.	ПК-1.У.1
34.	Приближенные методы решения электродинамических задач.	ПК-3.У.1
35.	Метод геометрической оптики. Условия применения метода геометрической оптики.	ПК-3.У.1
36.	Метод волновой оптики, условия его применения. Формула Кирхгофа.	ПК-3.У.1
37.	Метод волновой оптики. Зоны Френеля.	ПК-3.У.1
38.	Метод краевых волн физической теории дифракции.	ПК-3.У.1
39.	Излучение электромагнитных волн.	ПК-3.3.1
40.	Волновая поверхность, фазовая скорость, длина волны.	ПК-3.3.1
41.	Поляризация электромагнитных волн.	ПК-1.У.1
42.	Поле элементарного электрического диполя (вывод общих соотношений).	ПК-1.У.1
43.	Свойства электромагнитного поля электрического диполя.	ПК-3.3.1

	Ближняя и дальняя зоны.	
44.	Излучение электромагнитной энергии электрическим диполем.	ПК-1.У.1
45.	Излучение элементарного магнитного диполя.	ПК-1.У.1
46.	Излучение элемента Гюйгенса.	ПК-1.У.1
47.	Отражение и преломление электромагнитных волн на плоской границе раздела сред.	ПК-1.У.1
48.	Падение плоской однородной параллельно поляризованной волны на плоскую границу раздела сред.	ПК-3.3.1
49.	Падение плоской однородной перпендикулярно поляризованной волны на плоскую границу раздела сред.	ПК-3.3.1
50.	Угол полного внутреннего преломления.	ПК-1.У.1
51.	Типы направляющих систем.	ПК-3.3.1
52.	Типы волн в волноводе.	ПК-3.3.1
53.	Радиоволны в свободном пространстве.	ПК-3.3.1
54.	Зоны Френеля.	ПК-3.3.1
55.	Земные волны, их поглощение.	ПК-1.У.1
56.	Состав и строение тропосферы.	ПК-3.3.1
57.	Диэлектрическая проницаемость и показатель преломления тропосферы.	ПК-3.3.1
58.	Рефракция радиоволн в тропосфере.	ПК-3.3.1
59.	Поглощение радиоволн в тропосфере.	ПК-3.3.1
60.	Общие свойства ионосферы.	ПК-3.3.1
61.	Механизмы и источники ионизации в ионосфере.	ПК-3.3.1
62.	Основные ионизированные области ионосферы.	ПК-3.3.1
63.	Поглощение и отражение радиоволн в ионосфере.	ПК-3.3.1
64.	Распространение радиоволн при наличии постоянного магнитного поля.	ПК-3.3.1
65.	Особенности распространения коротких радиоволн.	ПК-3.3.1
66.	Особенности распространения УКВ	ПК-3.3.1

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 курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

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

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

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

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1.	Волновые уравнения Гельмгольца это • векторные волновые уравнения для гармонических полей,	ПК-3

	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.	
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.	ПК-3
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.	ПК-3
4.	Уравнение Пуассона $\nabla^2 \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_a} \text{grad}(\rho + \rho_{cm})$ позволяет описать • электростатическое поле в среде, где отсутствуют сторонние заряды и токи; • стационарное поле; • электростатическое поле.	ПК-1
5.	Вектор Пойтинга $\vec{P} = [\vec{E} \times \vec{H}]$ • указывает направление распространения электромагнитной энергии; • определяет поляризацию электромагнитной волны; • характеризует плотность электрического тока проводимости.	ПК-1
6.	Критерий классификации сред по электрическим свойствам (удельной электрической проводимости) зависит от • среднего за период значения энергии электромагнитного поля; • направления вектора Пойтинга; • частоты.	ПК-3
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.	ПК-3
8.	По характеру распределения силовых линий в пространстве поля делятся на	ПК-3

	• гармонические и негармонические; • стационарные и соленоидальные; • вихревые и потенциальные.	
9.	Вектор Пойтинга имеет размерность • магнитной индукции (Тл); • электрического смещения (Кл/м); • плотности мощности (Вт/м²).	ПК-3
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.	ПК-3
11.	Лемма Лоренца для бесконечно большого объема представляет собой математическую запись • теоремы Гаусса-Остроградского; • теоремы взаимности; • теоремы единственности решений уравнений электродинамики.	ПК-3
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: • $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a;$ • $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a, \vec{\delta}_a^{cm} \leftrightarrow -\vec{\delta}_m^{cm};$ • $\dot{\vec{E}} \leftrightarrow \dot{\vec{H}}, \tilde{\varepsilon}_a \leftrightarrow -\mu_a, \dot{\vec{\delta}}_a^{cm} \leftrightarrow -\dot{\vec{\delta}}_m^{cm}$	ПК-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: • $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a;$ • $\vec{E} \leftrightarrow \vec{H}, \varepsilon_a \leftrightarrow -\mu_a, \vec{\delta}_a^{cm} \leftrightarrow -\vec{\delta}_m^{cm};$ • $\dot{\vec{E}} \leftrightarrow \dot{\vec{H}}, \tilde{\varepsilon}_a \leftrightarrow -\mu_a, \dot{\vec{\delta}}_a^{cm} \leftrightarrow -\dot{\vec{\delta}}_m^{cm}$	ПК-1
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.	ПК-3
15.	По характеру зависимости свойств среды от направления среды делятся на: • нелинейные и линейные; • изотропные и анизотропные; • однородные и неоднородные.	ПК-3
16.	По характеру зависимости свойств среды от координат среды делятся	ПК-3

	на: • нелинейные и линейные; • изотропные и анизотропные; • однородные и неоднородные.	
17.	По характеру зависимости свойств среды от векторов электромагнитного поля среды делятся на: • нелинейные и линейные; • изотропные и анизотропные; • однородные и неоднородные.	ПК-3
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.	ПК-3
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.	ПК-3
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.	ПК-3
21.	Принцип непрерывности силовых линий магнитного поля 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.	ПК-3
22.	В основании 1-го уравнения Максвелла лежит • закон непрерывности постоянного электрического тока; • закон сохранения электрического заряда; • закон полного тока.	ПК-3
23.	В основании 2-го уравнения Максвелла лежит • закон о магнитной индукции; • закон сохранения электрического заряда; • закон полного тока.	ПК-3
24.	Обобщенный закон электромагнитной индукции основан на • законе полного тока;	ПК-3

	• опытным законе об электромагнитной индукции; • законе Ома в дифференциальной форме.	
25.	Переменное во времени электрическое поле независимо от свойств среды приводит к появлению • потенциального электрического поля; • постоянного электрического поля; • вихревого магнитного поля.	ПК-3
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.	ПК-1
27.	К строгим методам решения уравнений электродинамики относится • метод разделения переменных; • метод волновой оптики; • метод геометрической оптики.	ПК-1
28.	К строгим методам решения уравнений электродинамики относится • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод, основанный на использовании формулы Кирхгофа.	ПК-3
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.	ПК-3
30.	Приближенным методом решения задач электродинамики является: • метод волновой оптики; • метод разделения переменных; • метод зеркальных изображений.	ПК-3
31.	Приближенным методом решения задач электродинамики является: • метод геометрической оптики; • метод разделения переменных; • метод зеркальных изображений.	ПК-3
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.	ПК-3
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 ($\gamma_s \rightarrow \infty$).	ПК-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 ($\gamma_s \rightarrow \infty$).	ПК-1
35.	Если в рассматриваемой среде на заданной частоте токи смещения преобладают над токами проводимости, то среда считается • диэлектрической; • проводящей; • полупроводящей.	ПК-3
36.	Если в рассматриваемой среде на заданной частоте токи проводимости преобладают над токами смещения, то среда считается • диэлектрической; • проводящей; • полупроводящей.	ПК-3
37.	Если в рассматриваемой среде на заданной частоте токи смещения соизмеримы по величине с токами проводимости, то среда считается • диэлектрической; • проводящей; • полупроводящей.	ПК-3
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 смещения.	ПК-3
39.	Магнитное поле создается • как токами проводимости, так и токами, определяющимися изменением электрического поля во времени; • неподвижными электрическими зарядами; • неподвижными электрическими зарядами и токами.	ПК-3
40.	Всякое изменение магнитного поля во времени независимо от параметров среды вызывает появление • вихревого электрического поля; • потенциального электрического поля; • стационарного электромагнитного поля.	ПК-3
41.	В соответствии с 3-м уравнением Максвелла $\text{div} \vec{D} = \rho$ поток вектора электрического смещения D через замкнутую поверхность S равен • сумме зарядов, имеющих в объеме V, заключенном внутри указанной поверхности; • сумме поверхностных зарядов, расположенных на указанной	ПК-1

	поверхности; • нулю.	
42.	В соответствии с 4-м уравнением Максвелла поток вектора магнитной индукции B через замкнутую поверхность S равен • нулю; • бесконечности; • определяется частной производной по времени от вектора напряженности магнитного поля.	ПК-3
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.	ПК-3
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.	ПК-3
45.	Переход в уравнениях Максвелла к комплексным векторам возможен потому что эти уравнения являются • линейными; • однородными; • неоднородными.	ПК-3
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 волнами за единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно к направлению распространения электромагнитной энергии.	ПК-3
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.	ПК-3
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	ПК-3

	анизотропные элементы; • равными являются ЭДС, наведенные указанными токами в соответствующих антеннах; • сонаправленными являются векторы Пойтинга, характеризующие электромагнитные поля, возбуждаемые этими антеннами.	
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>).	ПК-3
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.	ПК-3
51.	Зона элементарного электрического диполя, где выполняется соотношение $kr \ll l$ или $2\pi r \ll \lambda$ называется • волновой зоной; • дальней зоной; • ближней зоной.	ПК-3
52.	Зона элементарного электрического диполя, где выполняется соотношение $kr \gg l$ или $2\pi r \gg \lambda$ называется • квазистационарной зоной; • дальней зоной; • ближней зоной.	ПК-3
53.	Элементарный электрический диполь создает • сферическую волну; • цилиндрическую волну; • плоскую электромагнитную волну.	ПК-3
54.	Пространственная диаграмма, отражающая зависимость составляющих векторов напряженностей электромагнитного поля $\dot{H}_\varphi$ и $\dot{E}_\theta$, 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.	ПК-3
55.	Силовые линии магнитного поля, создаваемого вертикальным элементарным электрическим диполем представляют собой	ПК-3

	• 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.	
56.	Пространственная диаграмма, отражающая зависимость составляющей вектора напряженности электрического поля $\vec{E}_r$, создаваемого элементарным электрическим диполем, от полярного угла ϑ (при $r = \text{const}$) 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.	ПК-3
57.	Поле элементарного электрического диполя относительно продольной оси диполя (относительно его момента) имеет • поперечную структуру (TEM); • поперечно-магнитную структуру (TM); • поперечно-электрическую структуру (TE).	ПК-3
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.	ПК-1
59.	Электромагнитную волну с круговой поляризацией можно получить посредством сложения двух взаимно ортогональных плоско поляризованных волн с одинаковой частотой. При этом условием 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 $\pi/2$.	ПК-3
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.	ПК-3
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	ПК-1

	поле является • резонансной; • квазиоптической; • квазистационарной.	
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.	ПК-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.	ПК-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.	ПК-3
65.	Для решения электродинамических задач в резонансной области необходимо применять • строгие методы решения; • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	ПК-3
66.	Для решения электродинамических задач в квазистационарной области необходимо применять • строгие методы решения; • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	ПК-3
67.	Для решения электродинамических задач в квазиоптической области необходимо применять • строгие методы решения; • метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	ПК-3
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	ПК-3

	пучков лучей, распространяющихся независимо друг от друга (величина потока энергии в различных сечениях луча постоянна); • принцип Гюйгенса-Френеля.	
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.	ПК-3
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.	ПК-3
71.	Дает возможность учесть явление дифракции в квазиоптической области • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод квазистатических приближений.	ПК-3
72.	Не позволяет учесть явление дифракции в квазиоптической области • метод геометрической оптики; • метод волновой оптики; • метод, основанный на использовании формулы Кирхгофа.	ПК-3
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.	ПК-1
74.	Комплексный коэффициент распространения электромагнитной волны (комплексное волновое число) определяется • параметрами среды распространения; • начальной фазой колебания; • мгновенным значением амплитуды напряженности электрического поля волны.	ПК-3
75.	Коэффициент распространения электромагнитной волны	ПК-3

	(волновое число) зависит от • параметров среды распространения; • начальной фазы колебания; • среднего за период значения вектора Пойтинга.	
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 $t = \text{const}$ протекает одинаковый ток.	ПК-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.	ПК-3
78.	Скорость распространения электромагнитной волны в вакууме определяется • электромагнитными постоянными; • средним за период значением вектора Пойтинга; • мгновенным значением амплитуды напряженности электрического поля волны.	ПК-3
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 • эллиптической поляризацией; • линейной поляризацией; • круговой поляризацией.	ПК-3
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.	ПК-3
81.	Если имеет место электромагнитная волна с круговой поляризацией, то для заданного момента времени $t = \text{const}$ распределение напряженности электрического поля $\vec{E}$ в направлении распространения волны представляется • эллиптической спиралью; • круговой спиралью; • гармоническим законом.	ПК-1
82.	Если имеет место электромагнитная волна с эллиптической поляризацией, то для заданного момента времени $t = \text{const}$	ПК-1

	распределение напряженности электрического поля $\vec{E}$ в направлении распространения волны представляется • эллиптической спиралью; • круговой спиралью; • гармоническим законом.	
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.	ПК-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.	ПК-3
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.	ПК-3
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.	ПК-3
87.	Если поверхности равных фаз и равных амплитуд электромагнитной волны являются плоскостями и при этом не параллельны друг другу, то такая электромагнитная волна называется • плоской неоднородной волной; • плоско поляризованной волной; • плоской однородной волной.	ПК-3
88.	Элементарный точечный излучатель излучает электромагнитную волну, обладающую • сферической волновой поверхностью; • цилиндрической волновой поверхностью; • плоской волновой поверхностью.	ПК-3
89.	Комплексный векторный электродинамический потенциал $\vec{A}_j$, характеризующий поле элементарного электрического диполя • параллелен продольной оси диполя (электрическому моменту диполя); • перпендикулярен электрическому моменту диполя; • совпадает с направлением вектора Пойтинга.	ПК-3
90.	Излучение электромагнитной энергии вертикальным элементарным электрическим диполем • происходит в меридиональном направлении;	ПК-3

	• концентрируется вблизи экваториальной плоскости элементарного электрического диполя; • происходит в радиальном направлении.	
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 $\dot{H}_\varphi$.	ПК-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 $\dot{H}_\varphi$.	ПК-1
93.	Нормированная диаграмма направленности (ДН) вертикального элементарного электрического диполя по напряженности поля в дальней зоне описывается следующей функциональной зависимостью • $\sin \vartheta$; • $\cos \vartheta$; • $\sin^2 \vartheta$.	ПК-3
94.	Нормированная диаграмма направленности (ДН) вертикального элементарного электрического диполя по мощности в дальней зоне описывается следующей функциональной зависимостью • $\sin \vartheta$; • $\cos \vartheta$; • $\sin^2 \vartheta$.	ПК-3
95.	Отношение напряженности электрического поля $\bar{E}$, создаваемого диполем, к напряженности магнитного поля $\bar{H}$ не зависит от координат точки наблюдения и источника электромагнитной волны и равно постоянной величине $\sqrt{\frac{\mu_a}{\varepsilon_a}}$, которая определяется электромагнитными параметрами среды. Эта величина называется • скоростью электромагнитной волны; • волновым сопротивлением; • коэффициентом распространения электромагнитной волны.	ПК-1
96.	Волновое сопротивление среды определяется исключительно	ПК-3

	• мгновенными значениями векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$; • скоростью распространения электромагнитной волны; • электромагнитными параметрами среды распространения.	
97.	Волновое сопротивление воздуха (вакуума) составляет • 120π; • 60π; • 270π.	ПК-1
98.	Длиной электромагнитной волны называется расстояние, которое волна проходит за период времени, равный • $T/2$ (T – период электромагнитного колебания); • T; • $2T$.	ПК-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.	ПК-3
100.	Максимальная величина КНД (коэффициента направленного действия) элементарного электрического диполя, получаемая при $\vartheta = \pi/2$, составляет • 1,5; • 1,0; • 2,0.	ПК-1
101.	Мощность, излучаемая вертикальным элементарным 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.	ПК-1

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

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.

Кроме того, освоению лекционного курса может способствовать литература, размещенная 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 проходит 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.-Петерб. 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.-Петерб. 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.

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 соответствии со списком контрольных вопросов, представленных в методических указаниях к лабораторным работам

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».

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