

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №21

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.Ф. Крячко

(подпись)

«08» 06 2019 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электродинамика и распространение радиоволн»

(Название дисциплины)

Код направления	25.05.03
Наименование направления/ специальности	Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования
Наименование направленности	Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов
Форма обучения	очная

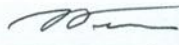
Санкт-Петербург 2019г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

проф., д.ф.-м.н., проф

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

Д.В.Благовещенский

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 21

«23» 05 2019 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 21

д.т.н., проф.

должность, уч. степень, звание

« » 2019 г

подпись, дата



А.Ф. Крячко

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 25.05.03(01)

доц., к.т.н.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

Н.А.Гладкий

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

О.Л. Балышева

инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» входит в базовую часть образовательной программы подготовки обучающихся по специальности «25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» направленность «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов». Дисциплина реализуется кафедрой №21.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

профессиональных компетенций:

ПК-2 «готовность к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования».

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ПК-2 «готовность к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования»:

знать - основные положения электродинамики, принципы работы различных электромагнитных и электрических устройств, к числу которых могут быть отнесены широко используемые на практике электромагнитные элементы автоматики, электрические машины, магнитные и электрические элементы вычислительной техники, электронные, радиотехнические, криогенные, сверхпроводящие, голографические и другие

уметь - грамотно формулировать и решать задачи распространения радиоволн, проектировать и рассчитывать электромагнитные и электрических устройства на заданные условия работы

владеть навыками -, проведения обоснованного выбора на конкретной радиочастоте рабочего диапазона частот, выполнения расчета всех необходимых энергетических параметров в радиоканале, оценки характера воздействия препятствий на условия приема сигналов

иметь опыт деятельности – в проведении испытаний и определении работоспособности

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- радиотехнические цепи и сигналы;
- электроника.

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

- антенны и устройства сверхвысокой частоты (СВЧ);

- - радиолокационные системы и комплексы;
- - радионавигационные системы и комплексы;
- - системы связи и телекоммуникаций;
- - спутниковые системы навигации, связи и наблюдения.

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	4/ 144	4/ 144
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе</i>	68	68
лекции (Л), (час)	34	34
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	36	36
<i>Самостоятельная работа</i> , всего	40	40
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.	Экз.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и 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				8
Раздел 2. Излучение электромагнитного поля	6		6		8

Раздел 3. Плоские электромагнитные волны	4		6		6
Раздел 4. Линии передачи, волноводы	6		12		10
Раздел 5. Распространение радиоволн	8		10		8
Итого в семестре:	34		34		40
Итого:	34	0	34	0	40

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

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 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего:				

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

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

8	Исследование поверхностных волн и замедляющих структур, часть 2	3	3
9	Исследование характера электромагнитных полей в волноводе, часть 1	3	4
10	Исследование характера электромагнитных полей в волноводе, часть 2	3	4
11	Влияние зон Френеля на распространение электромагнитных волн, часть 1	3	5
12	Влияние зон Френеля на распространение электромагнитных волн, часть 2	3	5
Всего:		34	

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	40	40
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	26	26
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)	6	6
выполнение реферата (Р)		
подготовка к текущему контролю (ТК)	8	8
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)		

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	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)
621.371+537.8](075)537.8(075) К78 621.37	Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие/ Н. П. Красюк, Н. Д. Дымович. - М.: Высш. шк., 1974. - 536 с.	ФО(2), ГС(20), СО(4)

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.37	Электродинамика и распространение радиоволн: учебник/ Б. М. Петров. - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 559 с	ФО(8), ЧЗ(1)
621.371+537.8](075)537.8(075) М26 621.37	Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие/ Г. Т. Марков, Б. М. Петров, Г. П. Грудинская. - М.: Сов. радио, 1979. - 374 с	ФО(2), ГС(52), СО(1), КЛЧЗ(1)

	Данилов Ю. Н., Красюк В. Н., Никитин Б. Т., Федорова Л. А. Техническая электродинамика и антенны. Электродинамика: Учеб. пособие / Санкт-Петербургский институт авиационного приборостроения. СПб., 1992. 165 с	
26-25	Электродинамика, распространение радиоволн, антенные устройства сверхвысоких частот: Программа, контрольные вопросы и методические указания к выполнению контрольных работ/ С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения; сост. Л. А. Федорова, Ю. Н. Данилов. - СПб.: РИО ГУАП, 1998. - 36 с.	СО(45)

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

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

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
http://nids.guap.ru	Лекции по электродинамике и РРВ
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/rels/resources	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/rus/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, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы 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 « Электродинамика и РРВ»	Б.Морская, 67, ауд.11-01А

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
	ПК-2 «готовность к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования»
3	Механика
3	Радиотехнические цепи и сигналы
4	Радиотехнические цепи и сигналы
4	Электроника
4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
5	Электродинамика и распространение радиоволн
6	Производственная практика по получению

	профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
6	Антенны и устройства сверхвысокой частоты
7	Средства регистрации параметров полета летательных аппаратов
7	Основы теории и техники фазированных антенных решеток
7	Информационно-телеметрические системы
7	Радиолокационные системы и комплексы
7	Антенны и устройства сверхвысокой частоты
8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
8	Испытание и эксплуатация авиационной и ракетно-космической техники
9	Спутниковые системы навигации, связи и наблюдения
9	Системы связи и телекоммуникаций
9	Радионавигационные системы и комплексы
10	Системы связи и телекоммуникаций
10	Конструирование, технология и эксплуатация радиоэлектронного оборудования аэропортов
10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.

$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1.	Физический смысл уравнений Максвелла.
2.	Сила Лоренца.
3.	Ток проводимости.
4.	Ток смещения, поляризационный ток.
5.	Явление электронной поляризации.
6.	Материальные уравнения для электрического и магнитного полей.
7.	Анизотропные среды, понятие тензора.
8.	Комплексная диэлектрическая проницаемость.
9.	Вектор Пойнтинга.
10.	Граничные условия для электрического и магнитного полей на металле.
11.	Плоские, сферические и цилиндрические волны.
12.	Что является физической причиной излучения ЭМ волн?
13.	Элементарный электрический излучатель.
14.	Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя.
15.	Характеристическое сопротивление вакуума.
16.	Магнитный ток.
17.	Элементарный щелевой излучатель.
18.	Фазовая скорость в диэлектрике.
19.	Понятие глубины проникновения.
20.	Виды поляризации.
21.	Угол Брюстера, полное внутреннее отражение.
22.	Типы волн в волноводе, классификация.
23.	Фазовая скорость в волноводе.
24.	Критическая длина волны в волноводе.
25.	Длина волны в волноводе.
26.	Основной тип волны в волноводе.
27.	Излучающие щели на стенках волновода.
28.	Диаграмма типов колебаний прямоугольного волновода.
29.	Радиоволны в свободном пространстве.
30.	Зоны Френеля.
31.	Земные волны, их поглощение.

32.	Состав и строение тропосферы.
33.	Диэлектрическая проницаемость и показатель преломления тропосферы.
34.	Рефракция радиоволн в тропосфере.
35.	Поглощение радиоволн в тропосфере.
36.	Общие свойства ионосферы.
37.	Механизмы и источники ионизации в ионосфере.
38.	Основные ионизированные области ионосферы.
39.	Поглощение и отражение радиоволн в ионосфере.
40.	Распространение радиоволн при наличии постоянного магнитного поля.
41.	Особенности распространения коротких радиоволн.
42.	Особенности распространения УКВ

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

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

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1.	Физический смысл уравнений Максвелла.
2.	Ток проводимости.
3.	Ток смещения, поляризационный ток.
4.	Материальные уравнения для электрического и магнитного полей.
5.	Комплексная диэлектрическая проницаемость.
6.	Вектор Пойнтинга.
7.	Граничные условия для электрического и магнитного полей на металле.
8.	Что является физической причиной излучения ЭМ волн?
9.	Элементарный электрический излучатель.
10.	Диаграмма направленности элементарного электрического излучателя.
11.	Магнитный ток.
12.	Элементарный щелевой излучатель.
13.	Фазовая скорость в диэлектрике.
14.	Виды поляризации.
15.	Фазовая скорость в волноводе.
16.	Критическая длина волны в волноводе.
17.	Длина волны в волноводе.

18.	Основной тип волны в волноводе.
19.	Диаграмма типов колебаний прямоугольного волновода.
20.	Радиоволны в свободном пространстве.
21.	Зоны Френеля.
22.	Земные волны, их поглощение.
23.	Рефракция радиоволн в тропосфере.
24.	Общие свойства ионосферы.
25.	Поглощение и отражение радиоволн в ионосфере.
26.	Особенности распространения коротких радиоволн.
27.	Особенности распространения УКВ.

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1.	В декартовой системе координат векторное поле \mathbf{A} имеет единственную составляющую $A_z = 3y^2$. Вычислить векторное поле $\text{rot}\mathbf{A}$.
2.	Скалярное поле φ задано в декартовой системе координат выражением $\varphi = 3x^2y\cos z + 2z^2$. Вычислить векторное поле $\text{grad}\varphi$.
3.	Определить дивергенцию и ротор поля в декартовой системе координат с единственной составляющей $A_z = 20\sin(x/\pi)$.
4.	В вакууме существует гармоническое ЭМ поле. В некоторой точке пространства вектор $\mathbf{E} = 130\cos 2\pi \cdot 10^{10}t \mathbf{1}_x$. Определить плотность тока смещения в данной точке.
5.	В некоторой точке пространства вектор напряженности электрического поля $\mathbf{E} = 20 \mathbf{1}_y$ В/м, а вектор Пойнтинга $\mathbf{\Pi} = 10 \mathbf{1}_x + 30 \mathbf{1}_z$ Вт/м ² . Определить вектор напряженности магнитного поля.
6.	В вакууме распространяется плоская ЭМ волна с частотой 30 МГц. Определить расстояние, на котором фаза волны изменится на 270° и 2520°.
7.	Найти ток в элементарном электрическом излучателе длиной 5 см, если в точке с координатами $r = 1$ км, $\Theta = 90^\circ$. Напряженность электрического поля $E_\Theta = 10^{-4}$ В/м, частота колебаний 10 ⁸ Гц.
8.	Найти сопротивление излучения элементарного электрического излучателя при $l_d = 5$ см и $\lambda_0 = 3$ м. Определить мощность излучения, если амплитуда тока в излучателе равна 1 А.
9.	Квадратная рамка 10x10 см создает максимальную амплитуду напряженности электрического поля $5 \cdot 10^{-4}$ В/м на расстоянии $r = 5$ км, $\lambda_0 = 4$ м. Определить ток в рамке.

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций,

содержатся в Положениях «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. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области электродинамики и распространения радиоволн, создание поддерживающей образовательной среды преподавания на основе лекционного курса и лабораторных работ, предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в области электромагнетизма

Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

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 обучающимся 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:

- _постановка конкретной задачи и вводные соображения;
- _изложение математического аппарата применительно к теме лекции;
- привлечение физического описания задач, излагаемых в лекции.

Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающейся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающемуся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);
- в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

Требования к проведению практических занятий

Студент обязан ознакомиться с содержанием задачи, предложенной ему на практических занятиях. Понять ее смысл и наметить план решения. Далее он использует либо лекции, либо справочную литературу и решает задачу самостоятельно.

Методические указания для обучающихся по прохождению лабораторных работ (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

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 у 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.

Студент знакомится с методическими указаниями по проведению лабораторной работы в процессе изучения дисциплины. Перед работой проводится опрос по теме согласно заданию. Работа должна выполняться самостоятельно в отведенные сроки. Требуется умение обращаться с измерительными приборами и аппаратурой. Необходимо соблюдение правил технической безопасности.

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 расчетных 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:

- оценивается успешное выполнение программы вычислений, изложенной в методических указаниях и корректность работы программы;
- оценивается грамотное оформление отчёта по лабораторной работе в соответствии с требованиями методических указаний, а также наличие в отчёте выводов о результатах проведённых вычислений;
- 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 лабораторных работ на кафедре имеются методические указания.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Форма отчета и его структура имеют определенные жесткие рамки и должны соответствовать принятым в ГУАП нормам.

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

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет о работе включает в себя цель работы, схему лабораторной работы, математические формулы, если необходимо, результаты наблюдений, подписанные

преподавателем, таблицы, построенные графики и выводы. В выводах обязательно указывается соответствие теоретических и экспериментальных данных. В случае существенного несоответствия необходимо дать пояснение, почему это имело место.

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

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 являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).
- Таблица 21 - Содержание разделов и тем самостоятельной работы

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>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.</p>
2	<p>Излучение электромагнитного поля Излучение электромагнитных волн в свободном пространстве Электродинамические потенциалы Теорема запаздывающих потенциалов Возбуждение электромагнитных полей заданными источниками Дифракционный метод Кирхгофа и</p>

	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

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».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с 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