

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.07.2023 11:34:46  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**«ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ»**

**для подготовки бакалавров**

**по направлению**

**11.03.01 «Радиотехника»**

**по профилю**

**«Радиоэлектронные системы»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Костиков Г.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР  
03.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФРТ, 20.04.2022, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	ТОР
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	2
Семестр	4
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	51
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	86
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	94
Всего (академ. часов)	180
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	2

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ВОЛНЫ»**

В дисциплине «Электромагнитные поля и волны» рассматриваются следующие основные вопросы: система основных понятий теории электромагнитного поля, уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах, материальные уравнения, понятие о тензорах диэлектрической и магнитной проницаемости среды, граничные условия для полей и индукций, уравнения Максвелла для комплексных амплитуд, отражение и преломление плоских электромагнитных волн на границе раздела различных сред, законы Снеллиуса, формулы Френеля, поверхностный эффект, приближенные граничные условия на поверхности металла. Энергия ЭМП, её локализация, перенос и преобразование. Теорема Пойнтинга. Электромагнитные волны в природных условиях. Явление рефракции, поглощения и отражения радиоволн в околоземном пространстве. Распространение земных, тропосферных и ионосферных радиоволн.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«ELECTROMAGNETIC FIELDS AND WAVES»**

In the discipline "Electromagnetic fields and waves" are considered the following key issues: the system of the basic concepts of the theory of electromagnetic fields, Maxwell's equations in integral and differential forms, material equations, the concept of tensor permittivity and magnetic permeability of the medium, the boundary conditions for the fields and induction, Maxwell's equations for the complex amplitudes, reflection and refraction of plane electromagnetic waves at the interface of different media, Snell's law, the Fresnel formulas, skin-effect, approximate boundary conditions on the surface of the metal. The energy of electromagnetic fields, its location, transfer and conversion. Poynting's theorem. Electromagnetic waves in nature. The phenomenon of refraction, absorption and reflection of radio waves in the near-Earth space. Spread of the earth, tropospheric and ionospheric radio-waves.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целями изучения дисциплины является приобретение теоретических знаний в области теории электромагнитного поля, физических и математических моделей электродинамики и формирование практических умений и навыков анализа электродинамических процессов и особенностей распространения радиоволн в реальных условиях.

2. Задачи дисциплины:

-формирование знаний фундаментальных законов электромагнетизма и математического аппарата, позволяющего оперировать с фундаментальными законами;

-формирование знаний о структуре электромагнитных волн и их свойствах;

-формирования навыков составления приближенных математических моделей, расчета и анализа электродинамических систем;

-сформировать у обучающихся умение решать основные электродинамические проблемы и проводить анализ распространения радиоволн в том числе и с учетом реальных радиотрасс.

3. Знание основных понятий и законов теории электромагнитного поля, физических и математических моделей электродинамики, приобретение знаний методов анализа электродинамических процессов в неограниченном пространстве, особенностей распространения радиоволн в природных условиях.

4. Освоение приемов решения простых задач электростатики и электродинамики, умение подобрать адекватную физическую и математическую модели прикладного характера.

5. Формирование навыков использования математического аппарата – векторного анализа и теории дифференциальных уравнений – для решения электро-

динамических задач.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Алгебра и геометрия»
3. «Физика»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Техническая электродинамика»
2. «Антенны и распространение радиоволн»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
<i>ОПК-1.1</i>	<i>Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы</i>
<i>ОПК-1.2</i>	<i>Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера</i>
<i>ОПК-1.3</i>	<i>Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Тема 1. Фундаментальные законы электромагнетизма. Уравнения Максвелла	5	3		9
3	Тема 2. Электромагнитные волны в безграничной однородной изотропной вещественной среде	5	4		10
4	Тема 3. Электромагнитные волны в однородной изотропной комплексной среде	5	3		9
5	Тема 4. Электромагнитные волны в безграничной однородной анизотропной среде	5	4		10
6	Тема 5. Волновые процессы при наличии границ раздела сред	5	3		9
7	Тема 6. Энергетические характеристики ЭМП	5	4		10
8	Тема 7. Электромагнитные волны в природных условиях	5	3		9
9	Тема 8. Распространение земных радиоволн	5	4		10
10	Тема 9. Тропосферные радиоволны	5	3		9
11	Тема 10. Ионосферные радиоволны	4	3		9
12	Заключение	1	0	1	
	Итого, ач	51	34	1	94
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Явления электромагнетизма в природе. Области практического использования электромагнитных явлений. Способы описания (моделирования) электромагнитных полей. Скалярные и векторные величины (функции), используемые для описания электромагнитных полей. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Универсальность математического описания волновых процессов, физические и математические модели.



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
2	Тема 1. Фундаментальные законы электромагнетизма. Уравнения Максвелла	<p>Законы Фарадея, Ампера-Максвелла, Гаусса, непрерывности токов и зарядов в интегральной форме, их математическое представление, физическое содержание и следствия. Граничные условия для скалярных и векторных полей.</p> <p>Формальное преобразование законов электромагнетизма в дифференциальную форму. Макроскопические материальные параметры вещественных сред, отображение их свойств в материальных уравнениях. Полная система уравнений Максвелла – универсальная математическая модель макроскопической электродинамики. Свободные и вынужденные поля. Частные классы электромагнитных явлений. Уравнения Лапласа и Пуассона. Волновые уравнения. Понятия о граничных задачах.</p>
3	Тема 2. Электромагнитные волны в безграничной однородной изотропной вещественной среде	<p>Уравнения Максвелла и волновые уравнения относительно комплексных амплитуд векторных полей, гармонические зависящих от времени. Модель локально плоских, локально однородных, поперечных ЭМВ. Определения характеристик волнового процесса: волновой фронт, волновой вектор, фазовая и групповая скорости, длина волны, характеристическое (волновое) со-противление безграничной среды. Поляризация ЭМВ, виды поляризации, роль поляризационных свойств ЭМВ в практических приложениях. Явления интерференции полей распространяющихся волн.</p>
4	Тема 3. Электромагнитные волны в однородной изотропной комплексной среде	<p>Приближенная макроскопическая модель реальной среды, комплексные материальные параметры, их зависимость от частоты. Характеристики волнового процесса в слабо поглощающей среде. Дисперсия и затухание волн. Волны в среде с высокой электрической проводимостью. Сильный поверхностный эффект, импедансные граничные условия на поверхности реального металла. Граничные условия для векторов полей на поверхности идеального металла.</p>
5	Тема 4. Электромагнитные волны в безграничной однородной анизотропной среде	<p>Природа и проявления анизотропии. Волны в гиротропной среде, эффекты Фарадея и Коттон-Мутона. Гиромагнитные резонансы.</p>
6	Тема 5. Волновые процессы при наличии границ раздела сред	<p>Отражение и преломление волн на границе раздела сред. Законы Снеллиуса. Нормальное и наклонное падение волн с различной поляризацией на границу раздела сред. Формулы Френеля. Условия полного прохождения и полного отражения. Формирование «быстрых» и «медленных» плоских неоднородных волн.</p>
7	Тема 6. Энергетические характеристики ЭМП	<p>Энергия ЭМП, её локализация, перенос и преобразование. Теорема Пойнтинга. Уравнения баланса комплексной мощности. Скорость движения энергии. Средняя мощность, переносимая волной в пространстве.</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
8	Тема 7. Электромагнитные волны в природных условиях	Лучевая трактовка процесса распространения волн, Уравнение эйконала, представления геометрической оптики и границы их применимости. Приближенная модель процесса распространения ЭМВ в неоднородной среде, явление рефракции в околоземном пространстве. Классификация радиоволн по способу распространения: земные, тропосферные и ионосферные волны; частотные диапазоны радиоволн.
9	Тема 8. Распространение земных радиоволн	Факторы, влияющие на процесс распространения земных радиоволн. Метод Гюйгенса-Кирхгофа и идеализированная модель радиотрассы в условиях однородной непоглощающей атмосферы и плоской поверхности земли. Зоны Френеля, область, существенная при распространении радиоволн. Распространение волн в условиях прямой видимости, учет отражения от земной поверхности. Область, существенная при отражении. Интерференционная формула, множитель влияния Земли, формула Введенского. Учет сферичности земной поверхности. Длина радиотрассы прямой видимости. Неровности отражающей поверхности, критерий Релея. Характер отражения при различных углах скольжения и частотах. Качественная картина дифракции радиоволн на препятствиях, эффект усиления поля в области полутени. Условия нормальной работы радиотрасс в условиях сильно пересеченной местности.
10	Тема 9. Тропосферные радиоволны	Модель «нормальной» тропосферы, коэффициент и индекс преломления. Температурные инверсии в тропосфере. Мелкомасштабные и протяженные слоистые неоднородности. Тропосферная рефракция в геометрооптическом приближении. Радиус кривизны луча для нормальной тропосферы – радиус кривизны нормальной рефракции. Эквивалентный радиус земли, расстояние прямой видимости при рефракции. Виды тропосферной рефракции. Распространение тропосферных волн в условиях сверхрефракции, образование тропосферных волноводов. Рассеяние радиоволн в тропосфере, радиолинии ДТР. Основные причины затухания радиоволн в тропосфере.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
11	Тема 10. Ионосферные радиоволны	Общие свойства ионосферы. Эквивалентные электрические параметры ионосферы, их зависимость от частоты. Затухание радиоволн на низких и высоких частотах, резонансный характер затухания. Рефракция радиоволн в ионосфере, возникновение отраженных волн. Критическая частота радиоволны. Наибольшая возможная частота для ионосферной радиопередачи. «Зоны молчания», минимально возможная длина радиопередачи. Дисперсия и поглощение радиоволн в ионосфере. Ионосферные возмущения и их влияние на распространение ионосферных волн. Влияние магнитного поля Земли на распространение ионосферных волн.
12	Заключение	Роль теории электромагнитного поля в прикладных задачах науки и техники, в создании современных систем связи, локации и навигации.

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Операции векторной алгебры и векторного анализа. Тожественные преобразования дифференциальных операторов и их вычисление	5
2. Граничные задачи для статических полей	5
3. Расчет характеристик поперечных волн в безграничных средах	5
4. Отражение и преломление волн на границах раздела сред	5
5. Расчет средней мощности, переносимой ЭМВ в безграничных средах	5
6. Применение формулы Введенского для приближенных расчетов распространения радиоволн	5
7. Расчет траекторий движения радиоволн в плоскостных и слабо неоднородных средах	4
Итого	34

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым

образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	39
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	10
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>94</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Петров, Борис Михайлович. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учеб. для вузов по направлению "Радиотехника" и специальностям "Радиотехника", "Радиофизика и электроника", "Бытовая радиоэлектронная радиоаппаратура" / Б.М. Петров, 2003. -558 с.	96
2	Максимов В.М. Линии передачи СВЧ-диапазона [Текст] : Учеб. пособие для вузов в обл. радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации по направлению подгот. дипломир. специалистов 654200 "Радиотехника" / В.М.Максимов, 2002. -80 с.	146
3	Максимов В.М. Устройства СВЧ: основы теории и элементы тракта [Текст] : Учеб. пособие для вузов в обл. радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации по направлению подгот. дипломир. специалистов 654200 "Радиотехника" / В.М.Максимов, 2002. -72 с.	145
4	Алексеев, Вадим Сергеевич. Электромагнитные поля и волны [Текст] : учеб. пособие / В. С. Алексеев, 2016. -121, [1] с.	75
Дополнительная литература		
1	Пименов, Юрий Вадимович. Техническая электродинамика [Текст] : Учеб. пособие для вузов по специальностям "Сети связи и системы коммутации", "Многоканал. телекоммуникац. системы", "Радиосвязь, радиовещание и телевидение", "Средства связи с подвижными объектами", "Аудиовизуал. техника", "Физика и техника оптич. связи и направлению", "Телекоммуникации" / Ю.В.Пименов, В.И.Вольман, А.Д.Муравцов, 2000. -536 с.	152
2	Сазонов, Дмитрий Михайлович. Устройства СВЧ [Текст] : [учеб. пособие для вузов по специальности "Радиотехника"] / Д. М. Сазонов, А. Н. Гридин, Б. А. Мишустин, 1981. -295 с.	78

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Страница дисциплины на сайте кафедры ТОР <a href="http://www.tor.eltech.ru:8000/edu/bachelor/empv">http://www.tor.eltech.ru:8000/edu/bachelor/empv</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10396>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Электромагнитные поля и волны» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.



## Особенности допуска

Допуск к экзамену:

- посещение лекционных занятий (не менее 80 % занятий);
- выполнение практических работ и защита отчетов на коллоквиумах.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Градиент и дивергенция в ООСК, теорема Остроградского-Гаусса и ее доказательство
2	Ротор в ООСК, теорема Стокса и ее доказательство
3	Оператор Набла и его основные свойства
4	Двойное применение оператора Набла
5	Закон электромагнитной индукции в интегральной форме
6	Закон электромагнитной индукции в дифференциальной форме
7	Закон полного тока в интегральной форме
8	Закон полного тока в дифференциальной форме
9	Закон Гаусса для электрического поля в интегральной и дифференциальной формах
10	Закон Гаусса для магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах
11	Материальные уравнения электродинамики
12	Система уравнений Максвелла для мгновенных значений векторных полей и токов. Свободные и вынужденные поля
13	Граничные условия для векторного поля электрической индукции
14	Граничные условия для векторного поля электрической напряженности
15	Граничные условия для векторного поля магнитной индукции
16	Граничные условия для векторного поля магнитной напряженности
17	Частные математические модели – электростатического поля, магнитостатического поля, поля стационарного электрического тока. Градиентные и соленоидальные поля
18	Переменное высокочастотное электромагнитное поле. Волновое уравнение. Универсальные свойства волновых полей
19	Электромагнитные поля, гармонические во времени. Комплексные амплитуды. Уравнения Гельмгольца
20	ЭМ волны в безграничной однородной изотропной вещественной среде. Решение уравнения Гельмгольца. Характеристики волнового процесса: структура поля, поляризация, волновой фронт, волновое число, волновой вектор, фазовая скорость, длина волны

21	Виды поляризации поперечных волн. Условия образования различных видов поляризации
22	Энергетические соотношения электродинамики. Вещественная теорема Пойнтинга
23	Теорема Пойнтинга в комплексной форме. Уравнение баланса комплексной мощности
24	Явление интерференции ЭМ волн. Интерференция линейно поляризованных однородных плоских поперечных волн
25	Интерференция поперечных сферических ЭМ волн
26	Метод зеркальных отображений в электродинамике
27	ЭМ волна в безграничной однородной реальной среде. Комплексные материальные параметры. Дисперсия и затухание, фазовая и групповая скорости в реальной среде, волновое сопротивление реальной среды
28	ЭМ волна в проводящей среде, фазовая и групповая скорости, длина волны, глубина проникновения поля в проводящую среду (толщина скин-слоя)
29	Общая характеристика условий и механизмов распространения радиоволн в околоземном пространстве в различных диапазонах длин волн
30	Распространение р/волн в нижних слоях атмосферы. Физические параметры тропосферы и факторы, их определяющие. Понятие нормальной тропосферы. Тропосферные аномалии

### Вариант экзаменационного теста

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ ТЕСТ № 1

1. Запишите дивергенцию вектора, используя оператор Набла.
2. Запишите уравнение Ампера-Максвелла (2-е уравнение Максвелла в интегральной форме)
3. Сформулируйте граничные условия для нормальной составляющей вектора электрической индукции, размерность вектора электрической индукции.
4. Объясните суть комплексной амплитудой поля? Какая информация заключена в этом понятии?
5. Как волновое число ( $k$ ) зависит от диэлектрической и магнитной про-

нищаемости и частоты?

6. Как соотносятся фазы напряженности электрического и магнитного поля плоской волны, распространяющейся в среде без потерь.

7. Как соотносятся амплитуды ортогональных составляющих напряженности электрического поля при круговой поляризации ЭМ волны.

8. Чем отличаются «однородная» и «неоднородная» волны? Существуют ли в природе однородные волны?

9. Как ориентирован вектор напряженности магнитного поля по отношению к оси протекающего тока.

10. Каков радиус кривизны луча тропосферной волны при критической рефракции?

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В. Н. Ушаков

## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

### Контрольная работа №1

#### ВАРИАНТ 1

1.  $\vec{F} = \vec{e}_x x \sqrt{y} - \vec{e}_y \ln(x^2 - z) + \vec{e}_z$ . Вычислить  $\text{rot}\vec{F}$ ,  $\text{divrot}\vec{F}$ ,  $\text{div}\vec{F}$ .

2. Найдите скалярное произведение полей  $\vec{F}_1(M)$  и  $\vec{F}_2(M)$ , заданных в различных системах координат. Результат представьте в системе координат, указанной в задании.

$$\vec{F}_1(M) = \vec{e}_x x^2 z, \quad \vec{F}_2(M) = \vec{e}_\alpha \cos \alpha \quad (\text{декартовы}).$$

3. Найдите поток векторного поля  $\vec{F}(M)$  по поверхности  $S$ :

$$|\vec{F}(M)| = \vec{e}_r \cdot \frac{5}{r^2}, \quad S - \text{сфера: } r = a.$$

## Контрольная работа №2

### ВАРИАНТ 1

1. Плоская электромагнитная волна с частотой 10 ГГц распространяется в среде без потерь с относительными проницаемостями  $\varepsilon = 10$ ;  $\mu = 2$ . Определите коэффициент фазы, фазовую скорость, длину волны и характеристическое сопротивление среды.
2. В некоторой точке пространства заданы комплексные амплитуды векторов электромагнитного поля

$$\mathbf{E} = 0,5e^{-j\pi/6}\mathbf{e}_x, \text{ В/м}; \quad \mathbf{H} = 0,8e^{-j\pi/3}\mathbf{e}_y + 1,2e^{-j\pi/4}\mathbf{e}_z, \text{ мА/м};$$

Определите среднее значение вектора Пойнтинга.

3. В некоторой точке пространства комплексная амплитуда вектора напряженности электрического поля

$$\mathbf{E} = 0,2 \exp(-j\pi/4)\mathbf{e}_x + 0,2 \exp(j\pi/4)\mathbf{e}_y, \text{ В/м}$$

Определите мгновенные значения вектора  $\mathbf{E}$  в моменты времени  $t_1 = 0,125$  мкс и  $t_2 = 0,375$  мкс, если частота колебаний равна 1 МГц.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
7	Тема 1. Фундаментальные законы электромагнетизма. Уравнения Максвелла Тема 2. Электромагнитные волны в безграничной однородной изотропной вещественной среде	Контрольная работа
16	Тема 3. Электромагнитные волны в однородной изотропной комплексной среде Тема 4. Электромагнитные волны в безграничной однородной анизотропной среде Тема 5. Волновые процессы при наличии границ раздела сред Тема 6. Энергетические характеристики ЭМП Тема 7. Электромагнитные волны в природных условиях Тема 8. Распространение земных радиоволн Тема 9. Тропосферные радиоволны Тема 10. Ионосферные радиоволны	Контрольная работа

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях. На 7 и 16 неделях занятий проводятся контрольные работы, состоящие из трех задач. Каждая задача оценивается в 0.5 баллов.

#### самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекци-

онных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

**Экзамен включает в себя несколько этапов:**

**2.1. Теоретический тест.**

Теоретический тест проводится в начале экзамена. Тестовое задание включает в себя 10 вопросов из списка «Контрольные вопросы». Время выполнения — 45 минут. Пользоваться конспектами и учебниками не разрешается. Необходимо в свободной форме, кратко и по существу ответить на вопросы, при этом приводить вывод формул не требуется. Ответ на каждый вопрос оценивается в диапазоне от 0 до 1 баллов. Критерии оценивания:

- 1 балл — правильный и полный ответ;
- 0.5 балла — ответ частично правильный или неполный;
- 0 баллов — ответ неверный либо отсутствует.

Таким образом, за данную часть экзамена можно получить от 0 до 10 баллов.

Из полученного количества баллов вычитаются недополученные баллы за две контрольные работы, которые проводились на практических занятиях в течение семестра (от 0 до 3 баллов).

Таким образом, максимально можно получить 10 баллов. Студент, не писавший или написавший контрольные работы неудовлетворительно, может получить в лучшем случае 7 баллов.

Итоговые результаты оцениваются следующим образом:

- от 0 до 4 баллов включительно — оценка за экзамен «неудовлетворительно».
- от 4,5 до 6,5 баллов включительно — оценка за экзамен «удовлетворительно».
- От 7 до 10 баллов — оценка «удовлетворительно» гарантирована, при

желании получить более высокую оценку необходима устная беседа с экзаменатором.

## 2.2. Устная беседа по контрольным вопросам.

К этой части экзамена допускаются студенты, набравшие по сумме контрольных работ и теоретического теста не менее 7 баллов и желающие получить оценку «хорошо» или «отлично». Оценка «удовлетворительно» на данном этапе гарантирована. Данная часть экзамена начинается с краткого ответа (без подготовки и без использования литературы) на несколько выбранных экзаменатором вопросов из списка «Контрольные вопросы». При устном ответе на контрольные вопросы экзаменатор проверяет, разбирается студент в материале курса или правильные ответы просто выучены наизусть. По итогам этой беседы экзаменатор принимает одно из следующих решений:

- Сохраняется оценка «удовлетворительно», полученная по результатам контрольных работ и теоретического теста.
- Студент заслуживает оценки «хорошо».
- Оценка «хорошо» гарантирована, при желании получить «отлично» необходима беседа по экзаменационному билету.

## 2.3. Устная беседа по экзаменационному билету.

К этой части экзамена допускаются студенты, продемонстрировавшие хорошее понимание сути контрольных вопросов и имеющие, с точки зрения экзаменатора, шансы получить оценку «отлично». Студенту предлагается выбрать экзаменационный билет, в котором содержится два вопроса из списка «Экзаменационные вопросы». Ответ на вопросы производится по конспекту, без подготовки. Оценка «хорошо» на данном этапе гарантирована.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, меловая или маркерная доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше



## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>