

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.04.2023 14:52:26  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Информационные технологии  
проектирования радиоэлектрон-  
ных устройств»



**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

11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

по профилю

**«Информационные технологии проектирования радиоэлектронных  
устройств»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

проф, д.т.н. Мироненко И.Г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МИТ  
19.01.2022, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	МИТ
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»**

Содержанием дисциплины «Электромагнитные поля и волны» являются основные характеристики статических электрических и магнитных полей, методы описания и расчёта характеристик электромагнитных волн на основе системы уравнений Максвелла; характеристики плоских электромагнитных волн в свободном пространстве и гиротропной среде; на границах раздела сред; электромагнитные волны в направляющих структурах; излучение электромагнитных волн.

### **SUBJECT SUMMARY**

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

The content of the discipline «Electromagnetic fields and waves» are the main characteristics of static electric and magnetic fields, methods to describe and calculate characteristics of electromagnetic waves based on Maxwell's equations; characteristics of plane electromagnetic waves in free space and gyrotropic medium; on the boundaries of media; electromagnetic waves in guiding structures; emission of electromagnetic waves.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цели изучения дисциплины: изучение основных законов электромагнетизма, методов анализа электромагнитных полей в средах и направляющих структурах; овладение умениями и навыками решения задач и проведения расчетов, связанных с анализом свойств электромагнитных волн.

2. Задачи изучения дисциплины:

-получение студентами знаний о фундаментальных законах электромагнитного поля: уравнениях Максвелла, уравнениях Пойнтинга;

-овладение умениями и навыками классификации электромагнитных полей в направляющих структурах.

3. Получение студентами знаний:

-теории излучения электромагнитного поля;

-основных законов электромагнетизма.

4. Приобретение умений:

-решать уравнения электродинамики с учетом граничных условий в пустотелых волноводах прямоугольной и круглой формы;

-постановки задач анализа электромагнитных явлений в волноведущих структурах и гиротропных средах

5. Формирование навыков:

-решения задач анализа электромагнитных явлений в волноведущих структурах и гиротропных средах;

-решения задач и проведения расчетов, связанных с анализом свойств электромагнитных волн в пространстве и направляющих системах.

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

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»

2. «Физика»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Проектирование интегральных схем СВЧ»

2. «Микроэлектроника сверхвысоких частот»

### 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	2			
2	Тема 1. Электростатические и магнитостатические поля	6	4		8
3	Тема 2. Переменные во времени поля	10	10		8
4	Тема 3. Гармонические плоские волны	10	10		18
5	Тема 4. Электромагнитные волны в гиротропной среде	6			14
6	Тема 5. Электромагнитные волны в направляющих структурах	10	6		26
7	Тема 6. Излучение электромагнитных волн	6	4		20
8	Заключение	1		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	Структура дисциплины, цели и задачи дисциплины, требования к уровню освоения.
2	Тема 1. Электростатические и магнитостатические поля	1.1. Основные законы электростатики 1.2. Основные сведения из магнитостатики
3	Тема 2. Переменные во времени поля	2.1. Закон электромагнитной индукции Фарадея 2.2. Максвелловский ток смещения. Уравнения Максвелла 2.3. Энергия электромагнитного поля. Теорема Пойнтинга 2.4. Граничные условия для электромагнитного поля



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Тема 3. Гармонические плоские волны	3.1. Уравнения Максвелла для гармонических полей 3.2. Вектор Пойнтинга для гармонических полей 3.3. Волновое уравнение для гармонического поля. Плоские волны 3.4. Круговая и эллиптическая поляризация плоских волн 3.5. Затухание плоских волн в среде с потерями 3.6. Суперпозиция плоских волн с близкими частотами. Групповая скорость 3.7. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела сред 3.8. Полное отражение от диэлектрической границы
5	Тема 4. Электромагнитные волны в гиротропной среде	4.1. Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита 4.2. Электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль направления подмагничивания
6	Тема 5. Электромагнитные волны в направляющих структурах	5.1. Общие свойства электромагнитных волн в направляющих структурах 5.2. Поток мощности и затухание в волноводах 5.3. Волны ТЕ-типа в прямоугольном волноводе 5.4. Волны ТМ-типа в прямоугольном волноводе 5.5. Волны ТМ-типа в круглом волноводе 5.6. Волны ТЕ-типа в круглом волноводе
7	Тема 6. Излучение электромагнитных волн	6.1. Электродинамические потенциалы 6.2. Излучение электрического диполя 6.3. Поле в дальней зоне линейной антенны 6.4. Излучение магнитного диполя
8	Заключение	Краткий обзор содержания и пояснение требований к знаниям, умениям и навыкам по всем разделам дисциплины.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Пространственные производные, оператор Лапласа в различных системах координат	4
2. Характеристики монохроматической волны, фаза, длина волны, волновое число, фазовая скорость, волновое сопротивление среды	4

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
3. Частотная дисперсия, групповая скорость электромагнитного сигнала	6
4. Преломление и отражение волн на границе сред. Поверхностные волны	6
5. Приближенные граничные условия на металле	4
6. Распределение электромагнитного поля в направляющих системах	6
7. Излучение электромагнитных волн	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	20
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	21
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	18
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	Мироненко, Игорь Германович. Электромагнитные поля и волны [Текст] : учеб. пособие по направлению 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств" / И. Г. Мироненко, А. А. Иванов, 2014. -146 с.	20
2	Муромцев Д. Ю. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс], 2021. -448 с.	неогр.
3	Григорьев, Андрей Дмитриевич. Микроволновая электроника [Текст] : учеб. для вузов по направлениям подгот. бакалавров и магистров "Электроника и наноэлектроника" / А. Д. Григорьев, В. А. Иванов, С. И. Молоковский ; под ред. А. Д. Григорьева, 2016. -495 с.	неогр.
Дополнительная литература		
1	Малышев, Виктор Николаевич. Электромагнитные поля и волны [Текст] : учеб. пособие / В.Н. Малышев, 2002. -47 с.	5

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Учебные материалы <a href="https://siblec.ru/telekommunikatsii/elektromagnitnye-polya-i-volny?ysclid=lesm50ob3t765065355">https://siblec.ru/telekommunikatsii/elektromagnitnye-polya-i-volny?ysclid=lesm50ob3t765065355</a>
2	Феофилактова Т. В. Волновые и квантовые свойства электромагнитного излучения, учебное пособие. М., 2007. <a href="https://www.miiigaik.ru/kf/materials/31.pdf?ysclid=lesm9uznmt723486007">https://www.miiigaik.ru/kf/materials/31.pdf?ysclid=lesm9uznmt723486007</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12646>

## 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
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

К экзамену допускаются студенты, посещавшие не менее 80% лекционных занятий, 80 % практических занятий, выполнившие практические работы и защитившие на коллоквиумах отчеты по практическим занятиям.

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

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Основные законы электростатики: закон Кулона, теорема Гаусса, уравнение Пуассона.
2	Электродинамические потенциалы.
3	Основные сведения из магнитостатики: магнитное поле постоянного тока, закон Ампера.
4	Излучение диполя Герца.
5	Закон электромагнитной индукции Фарадея. Уравнения Максвелла.
6	Коаксиальные волноводы.
7	Энергия электромагнитного поля. Теорема Пойнтинга.
8	Волны ТМ в круглом волноводе.
9	Уравнения Максвелла для гармонического поля. Вектор Пойнтинга для гармонического поля.
10	Круговая и эллиптическая поляризация плоских волн
11	Волны ТЕ в прямоугольном волноводе.
12	Граничные условия для электромагнитного поля
13	Затухание плоских волн в среде с потерями
14	Суперпозиция плоских волн с близкими частотами
15	Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела сред
16	Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита
17	Электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль направления подмагничивания
18	Поток мощности и затухание в волноводах
19	Волны ТЕ и ТМ типов в прямоугольном волноводе
20	Волны ТМ и ТЕ типов в круглом волноводе

### Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Электромагнитные поля и волны ФРТ**

1. Уравнения Максвелла для гармонического поля. Вектор Пойнтинга для гармонического поля.

2. Волны TE в прямоугольном волноводе.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.А.Тупик

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
2	Тема 1. Электростатические и магнитостатические поля	
3		Коллоквиум
4	Тема 2. Переменные во времени поля	
5		
6		Коллоквиум
7	Тема 3. Гармонические плоские волны	
8		
9		Коллоквиум
10	Тема 4. Электромагнитные волны в гиротропной среде	
11		Коллоквиум
12	Тема 5. Электромагнитные волны в направляющих структурах	
13		
14		Коллоквиум
15	Тема 6. Излучение электромагнитных волн	
16		Коллоквиум
17	Заключение	Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### **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.

#### **Методика текущего контроля на практических занятиях.**

Порядок выполнения работ, подготовки отчетов и их защиты. В процессе обучения по дисциплине студент обязан выполнить 7 практических работ, перечень которых приведен в рабочей программе. Под выполнением работ подразумевается подготовка к работе, проведение исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме.

Выполнение работ студентами осуществляется индивидуально (или в бригадах по два человека). Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально или в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформля-



ется после выполнения исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении работы.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем практическим работам, по результатам которых студент получает допуск на экзамен.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 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, экран, проектор, компьютер или ноутбук меловая или маркерная доска	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, экран, проектор, меловая или маркерная доска, персональные компьютеры IBM совместимый Pentium или выше.	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) MathCAD
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>