

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**


|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                 |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | <b>Обязательная</b>                                 |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | <b>Б1.О.21</b>                                      |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>   | <b>4 семестр - 6;</b>                               |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>216 часов</b>                                    |
| <b>Лекции</b>  | <b>4 семестр - 48 часа;</b>                         |
| <b>Практические занятия</b>  | <b>4 семестр - 32 часа;</b>                         |
| <b>Лабораторные работы</b>   | <b>4 семестр - 16 часов;</b>                        |
| <b>Консультации</b>  | <b>4 семестр - 2 часа;</b>                          |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>4 семестр - 117,5 часов;</b>                     |
| <b>в том числе на КП/КР</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>              |
| <b>Иная контактная работа</b>  | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b> |
| <b>включая:</b><br>Тестирование<br>Контрольная работа<br>Коллоквиум<br>Интервью<br>Решение задач |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>   |   |
| <b>Экзамен</b>   | <b>4 семестр - 0,5 часа;</b>                        |

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                             |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                             |
|   | Владелец  | Сурков В.И.                 |
|   | Идентификатор   | R1f956821-SurkovVI-1f6deff3 |

(подпись)


В.И. Сурков

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                                |
|   | Владелец  | Остапенков П.С.                |
|   | Идентификатор   | R6356f55c-OstapenkovPS-854af18 |


(подпись)

П.С. Остапенков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|   |   |                            |
|---|---|----------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                            |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                            |
|   | Владелец  | Сафин А.Р.                 |
|   | Идентификатор   | Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814 |

(подпись)

А.Р. Сафин

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ макроскопической электродинамики, теории плоских электромагнитных волн в различных средах, методов анализа волноводных и колебательных систем, устройств излучения электромагнитных волн

### Задачи дисциплины

- освоение основных уравнений макроскопической электродинамики и свойств электромагнитного поля;
- приобретение умения анализировать и рассчитывать волновые процессы в различных средах и системах..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения   |
|---|---|---|
| ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ИД-2 <sub>опк-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера | знать:<br>- – методы анализа объемных резонаторов;;<br>- – приемы расчета характеристик направляемых волн в волноводах быстрых волн и методы анализа полых металлических волноводов;;;<br>- – методы анализа параметров отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред;;<br>- – способы расчета параметров плоских волн и методы анализа плоских волн;;<br>- – систему уравнений классической электродинамики, приемы описания электромагнитного поля и граничных условий;;<br>- – методы расчета характеристик поля, возбуждаемого элементарными излучателями;<br><br>уметь:<br>- - использовать граничные условия;;<br>- – анализировать характеристики электромагнитного поля и;<br>- – анализировать поля, возбуждаемые элементарными излучателями;<br>- – рассчитывать характеристики объемных резонаторов;;<br>- – рассчитывать характеристики полых металлических волноводов;;<br>- – анализировать процессы отражения и преломления электромагнитных волн при наличии границы раздела сред;;<br>- – рассчитывать характеристики плоских волн;. |
| ОПК-2 способен  | ИД-2 <sub>опк-2</sub> Выбирает способы  | знать:<br>- – приемы обработки и анализа  |

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции           | Запланированные результаты обучения  |
|--|--|--|
| самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных | и средства измерений и проводит экспериментальные исследования | <p>экспериментальных данных при исследовании электромагнитных полей.</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- – проводить экспериментальные исследования отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред;;</li> <li>- – проводить экспериментальные исследования характеристик прямоугольных волноводов и волноводов медленных волн;;;</li> <li>- – проводить экспериментальные исследования характеристик объемных резонаторов;;</li> <li>- – проводить экспериментальные исследования поля элементарных излучателей электромагнитных волн;;</li> <li>- – проводить экспериментальные исследования волн в намагниченном феррите.</li> </ul> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации                             | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания  |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |   |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |   |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |   |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15  |
| 1     | Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла.<br>Граничные условия | 19                    | 4       | 8  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 7                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия"<br/><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br/><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br/>Изучение материала по разделу "Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br/><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 15, 19, 26, 33, 39<br/>[2], стр.19-33</p> |
| 1.1   | Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла.<br>Граничные условия | 19                    |         | 8  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 7                 | -                                 |   |
| 2     | Плоские электромагнитные   | 34                    |         | 10   | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 18                                |   |



|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |                 |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|-----------------|
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   | [3], стр. 53-59 |
| 3   | Падение плоских волн на границу раздела сред | 29 | 6 | 4 | 6 | - | - | - | - | - | 13 | - | <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Падение плоских волн на границу раздела сред" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Падение плоских волн на границу раздела сред" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Падение плоских волн на границу раздела сред и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Падение плоских волн на границу раздела сред" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных</u></b></p> |                 |
| 3.1 | Падение плоских волн на границу раздела сред | 29 | 6 | 4 | 6 | - | - | - | - | - | 13 | - |   |                 |

|     |                                  |    |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|----------------------------------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |                                  |    |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   | <b><u>источников:</u></b><br>[1], стр. 70, 80, 87<br>[2], стр.100-120<br>[3], стр. 12-20  |
| 4   | Направляемые волны.<br>Волноводы | 45 | 12 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | 21 | - | <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Направляемые волны. Волноводы" материалу.<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Направляемые волны. Волноводы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Направляемые волны. Волноводы и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Направляемые волны. Волноводы" |
| 4.1 | Направляемые волны.<br>Волноводы | 45 | 12 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | 21 | - |   |



|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 101, 107, 114, 122<br>[2], стр.149-198<br>[3], стр. 21-29, 40-69,   |
| 5   | Колебательные системы СВЧ.<br>Объемные резонаторы | 30 | 6 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы" материалу.  |
| 5.1 | Колебательные системы СВЧ.<br>Объемные резонаторы | 30 | 6 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br>Изучение материалов по разделу Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы и подготовка к контрольной работе<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> |

|     |   |              |           |           |           |            |            |          |            |              |           |             |  |
|-----|---|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|----------|------------|--------------|-----------|-------------|--|
|     |   |              |           |           |           |            |            |          |            |              |           |             | [1], стр. 135, 141<br>[2], 231-255<br>[3], стр. 30-39, 70-79   |
| 6   | Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели | 23           | 6         | 4         | 4         | -          | -          | -        | -          | -            | 9         | -           | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели" материалу.<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 151<br>[3], стр. 5-11 |
| 6.1 | Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели | 23           | 6         | 4         | 4         | -          | -          | -        | -          | -            | 9         | -           |  |
|     | Экзамен   | 36.0         | -         | -         | -         | -          | 2.0        | -        | -          | 0.5          | -         | 33.5        |  |
|     | <b>Всего за семестр</b>                                   | <b>216.0</b> | <b>48</b> | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>-</b>   | <b>2.0</b> | <b>-</b> | <b>-</b>   | <b>0.5</b>   | <b>84</b> | <b>33.5</b> |  |
|     | <b>Итого за семестр</b>                                   | <b>216.0</b> | <b>48</b> | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>2.0</b> | <b>-</b>   | <b>-</b> | <b>0.5</b> | <b>117.5</b> |           |             |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия

1.1. Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия

Электромагнитное поле и его математические модели. Основные законы: закон Гаусса, закон сохранения заряда, закон неразрывности магнитных силовых линий, закон полного тока и закон электромагнитной индукции. Материальные уравнения электромагнитного поля и классификация сред. Сторонние токи.. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Комплексные амплитуды полей. Комплексные проницаемости. Энергетические характеристики и баланс энергии поля; баланс энергии в случае гармонических колебаний.. Граничные условия для векторов электромагнитного поля..

### 2. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах

2.1. Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах

Понятие волнового процесса. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Плоские волны и их характеристики. Плотность потока мощности в плоской электромагнитной волне. Поляризация электромагнитных волн.. Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией. Распространение импульсов в средах с частотной дисперсией. Групповая скорость. Электродинамические параметры плазмы. Распространение электромагнитных волн в плазме, полупроводниках, металлах, сверхпроводниках.. Понятие о распространении электромагнитных волн в анизотропных средах (на примере ферритов)..

### 3. Падение плоских волн на границу раздела сред

3.1. Падение плоских волн на границу раздела сред

Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред без потерь. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Неоднородные плоские волны. Падение плоской электромагнитной волны на идеальный проводник и на диэлектрическое полупространство с потерями. Приближенные граничные условия Леонтовича..

### 4. Направляемые волны. Волноводы

4.1. Направляемые волны. Волноводы

Классификация направляемых волн: Т-, Е- и Н-волны. Прямоугольный и круглый металлические волноводы. Решение двумерного уравнения Гельмгольца. Волны типа Е и типа Н. Критические частоты, дисперсионная характеристика волновода. Характеристическое сопротивление волновода.. Структура силовых линий низших типов волн в волноводах. Некоторые способы возбуждения и основы применения прямоугольных и круглых волноводов.. Волноводы с волнами типа Т. Общие свойства волн типа Т. Отрезок волновода с Т-волной как четырехполюсник.. Мощность, переносимая волной по волноводу. Затухание волн в волноводах.. Поверхностные электромагнитные волны и замедляющие системы. Основные сведения о плоском диэлектрическом волноводе, гребенчатой структуре и световоде..

### 5. Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы

5.1. Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы

Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Анализ собственных колебаний в полых резонаторах. Прямоугольный, круглый и коаксиальный резонаторы. Структура силовых линий электромагнитного поля для различных типов колебаний в резонаторах. Некоторые способы возбуждения и включения объемных резонаторов. Добротность объемных резонаторов..

### 6. Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели

#### 6.1. Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели

Неоднородные уравнения Максвелла. Неоднородное уравнение Гельмгольца и его решение в случае возбуждения свободного пространства заданными сторонними источниками. Элементарный источник электромагнитного поля и свойства возбуждаемой им сферической волны. Условие излучения. Элементарные электрический и магнитный излучатели: структура поля, диаграммы направленности, сопротивление излучения, коэффициент направленного действия. Элементарные щелевой и рамочный излучатели как примеры реализации элементарного магнитного излучателя. Элемент Гюйгенса..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Электростатика и магнитостатика. Уравнения Максвелла (2 часа).
2. Теорема Пойнтинга, граничные условия (2 часа).
3. Плоские волны и их основные характеристики (2 часа).
4. Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией (2 часа).
5. Групповая скорость (2 часа).
6. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн (2 часа).
7. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство с потерями (2 часа).
8. Приближенные граничные условия Леонтовича (2 часа).
9. Прямоугольный металлический волновод (2 часа).
10. Картины силовых линий поля и токов в волноводах. Возбуждение волноводов (2 часа).
11. Круглый металлический волновод. Волноводы с волнами типа Т (2 часа).
12. Мощность, переносимая волной по волноводу и затухание в волноводах (2 часа).
13. Прямоугольный объемный резонатор (2 часа).
14. Круглый объемный резонатор (2 часа).
15. Элементарный электрический излучатель (2 часа).
16. Элементарные щелевой и рамочный излучатели (2 часа)..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. № 1. Элементарные излучатели (4 часа)
- № 2. Распространение плоских волн и падение плоских волн на границу раздела двух диэлектрических сред (4 часа).
- № 3. Исследование волноводов быстрых и медленных волн (4 часа).
- № 4. Исследование объемного резонатора, созданного на базе волновода быстрых волн (4 часа)..

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Падение плоских волн на границу раздела сред"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Направляемые волны. Волноводы"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели"

*Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Падение плоских волн на границу раздела сред"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Направляемые волны. Волноводы"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)   | Коды индикаторов      | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)  |
|--|-----------------------|---|---|---|---|---|---|--|
|  |                       | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  |
| <b>Знать:</b>  |                       |   |   |   |   |   |   |  |
| – методы расчета характеристик поля, возбуждаемого элементарными излучателями;   | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> |   |   |   |   |   | + | Решение задач/Защита индивидуального домашнего задания по излучателям  |
| – систему уравнений классической электродинамики, приемы описания электромагнитного поля и граничных условий;                | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> | +   |   |   |   |   |   | Тестирование/Тест по теме «Уравнения Максвелла»  |
| – способы расчета параметров плоских волн и методы анализа плоских волн;   | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> |   | + |   |   |   |   | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.1 "Плоские волны"<br>Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Плоские волны»   |
| – методы анализа параметров отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред;                                 | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> |   |   | + |   |   |   | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.2 "Отражение и преломление плоских волн"<br>Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Отражение и преломление плоских волн» |
| – приемы расчета характеристик направляемых волн в волноводах быстрых волн и методы анализа полых металлических волноводов;; | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> |   |   |   | + |   |   | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.3 "Волноводы"<br>Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Волноводы»   |
| – методы анализа объемных резонаторов;   | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> |   |   |   |   | + |   | Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Резонаторы»   |
| – приемы обработки и анализа экспериментальных данных при исследовании электромагнитных полей                                | ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> |   |   |   | + |   |   | Интервью/Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ<br>Коллоквиум/Лабораторные практикумы № 4: защита лабораторных работ                                   |
| <b>Уметь:</b>  |                       |   |   |   |   |   |   |  |

|   |           |   |   |   |   |   |   |
|---|-----------|---|---|---|---|---|---|
| – рассчитывать характеристики плоских волн;   | ИД-2ОПК-1 |   | + |   |   |   | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.1<br>"Плоские волны"<br>Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Плоские волны»   |
| – анализировать процессы отражения и преломления электромагнитных волн при наличии границы раздела сред;        | ИД-2ОПК-1 |   |   | + |   |   | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.2<br>"Отражение и преломление плоских волн"<br>Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Отражение и преломление плоских волн» |
| – рассчитывать характеристики полых металлических волноводов;   | ИД-2ОПК-1 |   |   |   | + |   | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.3<br>"Волноводы"<br>Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Волноводы»   |
| – рассчитывать характеристики объемных резонаторов;   | ИД-2ОПК-1 |   |   |   |   | + | Контрольная работа/Контрольная работа по теме «Резонаторы»  |
| – анализировать поля, возбуждаемые элементарными излучателями   | ИД-2ОПК-1 |   |   |   |   | + | Решение задач/Защита индивидуального домашнего задания по излучателям   |
| – анализировать характеристики электромагнитного поля и   | ИД-2ОПК-1 | + |   |   |   |   | Тестирование/Тест по теме «Уравнения Максвелла»   |
| - использовать граничные условия;   | ИД-2ОПК-1 | + |   |   |   |   | Тестирование/Тест по теме «Уравнения Максвелла»   |
| – проводить экспериментальные исследования волн в намагниченном феррите   | ИД-2ОПК-2 |   | + |   |   |   | Коллоквиум/Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ   |
| – проводить экспериментальные исследования поля элементарных излучателей электромагнитных волн;                 | ИД-2ОПК-2 |   |   |   |   | + | Коллоквиум/Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ   |
| – проводить экспериментальные исследования характеристик объемных резонаторов;                                  | ИД-2ОПК-2 |   |   |   |   | + | Интервью/Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ   |
| – проводить экспериментальные исследования характеристик прямоугольных волноводов и волноводов медленных волн;; | ИД-2ОПК-2 |   |   |   | + |   | Интервью/Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ<br>Коллоквиум/Лабораторные практикумы №   |



|   |                       |  |  |   |  |  |  |   |
|---|-----------------------|--|--|---|--|--|--|---|
|   |                       |  |  |   |  |  |  | 4: защита лабораторных работ  |
| – проводить экспериментальные исследования отраженных и преломленных волн при наличии границы раздела сред; | ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> |  |  | + |  |  |  | Коллоквиум/Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **4 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторные практикумы № 4: защита лабораторных работ (Коллоквиум)

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита индивидуального домашнего задания по излучателям (Решение задач)
2. Контрольная работа по теме «Волноводы» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа по теме «Отражение и преломление плоских волн» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа по теме «Плоские волны» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа по теме «Резонаторы» (Контрольная работа)
6. Тест по теме «Уравнения Максвелла» (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Защита расчетного задания. Ч.1 "Плоские волны" (Интервью)
2. Защита расчетного задания. Ч.3 "Волноводы" (Интервью)
3. Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ (Интервью)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Защита расчетного задания. Ч.2 "Отражение и преломление плоских волн" (Интервью)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №4)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Крамм М. Н.- "Сборник задач по основам электродинамики", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (256 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/167874>;
2. Баскаков, С. И. Электродинамика и распространение радиоволн : Учебное пособие для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков . – М. : Высшая школа, 1992 . – 416 : 13.50 .;

3. Крамм, М. Н. Основы электродинамики : лабораторный практикум по курсу "Электродинамика" по направлениям 11.03.01 "Радиотехника" и 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии" / М. Н. Крамм, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 106 с. - ISBN 978-5-7046-1902-4 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10215](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10215).

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. MathCad;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Acrobat Reader.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование                  | Оснащение   |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Н-203, Лекционная учебная аудитория            | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор  |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                        | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | М-815, Учебная аудитория                       | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая   |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                        | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики" | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Б-318, Учебная аудитория                       | парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер  |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-303, Компьютерный читальный зал            | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер  |
| Помещения для консультирования  | Е-815, Преподавательская                       | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер   |
| Помещения для хранения  | Е-812, Кладовая каф. "ОРТ"                     | стеллаж, шкаф для хранения инвентаря  |

|                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| оборудования и<br>учебного инвентаря |  |  |
|--------------------------------------|--|--|

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электродинамика

(название дисциплины)

#### 4 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест по теме «Уравнения Максвелла» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа по теме «Плоские волны» (Контрольная работа)
- КМ-3 Лабораторные практикумы № 1-2: защита лабораторных работ (Коллоквиум)
- КМ-4 Защита расчетного задания. Ч.1 "Плоские волны" (Интервью)
- КМ-5 Контрольная работа по теме «Отражение и преломление плоских волн» (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита расчетного задания. Ч.2 "Отражение и преломление плоских волн" (Интервью)
- КМ-7 Лабораторные практикумы № 3: защита лабораторных работ (Интервью)
- КМ-8 Контрольная работа по теме «Волноводы» (Контрольная работа)
- КМ-9 Контрольная работа по теме «Резонаторы» (Контрольная работа)
- КМ-10 Защита расчетного задания. Ч.3 "Волноводы" (Интервью)
- КМ-11 Защита индивидуального домашнего задания по излучателям (Решение задач)
- КМ-12 Лабораторные практикумы № 4: защита лабораторных работ (Коллоквиум)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | К М-1 | К М-2 | К М-3 | К М-4 | К М-5 | К М-6 | К М-7 | К М-8 | К М-9 | К М-10 | К М-11 | К М-12 |
|---------------|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|               |   | Неделя КМ: | 4     | 7     | 8     | 8     | 9     | 10    | 12    | 13    | 15    | 15     | 16     | 16     |
| 1             | Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |
| 1.1           | Основные законы электромагнитного поля и уравнения Максвелла. Граничные условия | +          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |
| 2             | Плоские электромагнитные волны  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |

|            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|            | неограниченных средах                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
| 2.1        | Плоские электромагнитные волны в неограниченных средах    |   | + | + | + |   |   |   |   |   |    |   |   |
| 3          | Падение плоских волн на границу раздела сред              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
| 3.1        | Падение плоских волн на границу раздела сред              |   |   | + |   | + | + |   |   |   |    |   |   |
| 4          | Направляемые волны. Волноводы                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
| 4.1        | Направляемые волны. Волноводы                             |   |   |   |   |   |   | + | + |   | +  |   | + |
| 5          | Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
| 5.1        | Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы            |   |   |   |   |   |   | + |   | + |    |   |   |
| 6          | Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
| 6.1        | Неоднородные уравнения Максвелла. Элементарные излучатели |   |   | + |   |   |   |   |   |   |    | + |   |
| Вес КМ, %: |   | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 10 | 8 | 8 |