

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.19.01.04
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 2;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	72 часа
<b>Лекции</b>	5 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 39,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	5 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михайлов М.С.
	Идентификатор	R88495daf-MikhailovMS-74da3f0e

(подпись)

М.С. Михайлов

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

(подпись)

А.Ю. Сизякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении условий распространения и дифракции электромагнитных волн в однородных и неоднородных изотропных средах и при наличии объектов дифракции.

### Задачи дисциплины

- изучение основных методов высокочастотной электродинамики: геометрической и физической оптики, геометрической теории дифракции, метода параболического уравнения;
- освоение методов расчета типичных практических ситуаций распространения, дифракции и возбуждения электромагнитных волн с помощью высокочастотной электродинамики.

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
ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ИД-1ПК-1 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	знать: - основные методы высокочастотной электродинамики: геометрическую и физическую оптику, геометрическую теорию дифракции.
ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ИД-2ПК-1 Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров	уметь: - применять метод геометрической оптики при расчетах распространения электромагнитных волн в однородных и плавно неоднородных средах, метод физической оптики и метод геометрической теории дифракции при расчетах дифракции электромагнитных волн на эталонных объектах; - реализовать математическое моделирование процессов распространения, излучения и дифракции электромагнитных волн в плавно неоднородных средах и при наличии модельных объектов дифракции с использованием высокочастотных методов электродинамики.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиоэлектронные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

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 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ 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	Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости	13.7	5	6	-	-	-	-	-	-	-	7.7	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 4-10	
1.1	Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости	13.7		6	-	-	-	-	-	-	-	-	7.7		-
2	Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред	14		6	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 12-25
2.1	Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред	14		6	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
3	Геометрическая теория дифракции	16		8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 11-30
3.1	Геометрическая теория дифракции	16		8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
4	Физическая оптика	16		8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 23-49
4.1	Физическая оптика	16		8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
5	Метод	12	4	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных</u></b>	

	параболического уравнения												<b>источников:</b> [2], стр. 58-75, 85-92
5.1	Метод параболического уравнения	12	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>39.7</b>	-	-	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>39.7</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. Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости

1.1. Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости

Сравнительный анализ эволюции и возможностей аналитических, численных и асимптотических методов прикладной электродинамики во взаимосвязи с развитием научных исследований..

#### 2. Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред

2.1. Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред

Скалярная геометрическая оптика (ГО) однородных и неоднородных сред. Необходимые условия применимости ГО. Определение понятий фазового фронта и луча. Ряд Дебая. Вывод уравнений эйконала и переноса. Метод характеристик. Вывод уравнений лучей. Фазовое пространство. Лучевые координаты. Постановка начальной и краевой задач ГО. Интегрирование уравнений эйконала и переноса вдоль лучей. Понятие каустики. Правило изменения фазы лучевого поля при касании каустики. Определение полного лучевого поля. Учет малых потерь в среде. Метод разделения переменных в уравнении эйконала. Обзор обобщений метода ГО: векторная ГО, комплексные лучи, учет анизотропии среды, нестационарных процессов..

#### 3. Геометрическая теория дифракции

3.1. Геометрическая теория дифракции

Области неприменимости ГО на примере дифракции ЭМ волн на объектах в однородной среде. Идея метода ГТД. Законы ГО и ГТД для объектов в однородной среде. Понятие эталонной задачи. ГТД для идеально проводящих объектов. Эталонная задача дифракции ЭМ волны на идеально проводящем клине. Неравномерная и равномерная ГТД. Дифракция ЭМ волны на импедансном и диэлектрическом клине. Определение дифракционных коэффициентов из аналитического решения Малюжинца для импедансного клина, из численного решения для диэлектрического клина. Эвристические формулы для дифракционных коэффициентов диэлектрического клина. Применение методов ГО и ГТД к практическим задачам распространения ЭМ волн в городе и зданиях.

#### 4. Физическая оптика

4.1. Физическая оптика

Метод физической оптики (ФО). Применение интеграла Кирхгофа и теоремы эквивалентности для решения задач дифракции методом ФО. Ограничения метода ФО. Основная идея метода физической теории дифракции (ФТД). Работы П.Я.Уфимцева. Дифракция на черном теле..

#### 5. Метод параболического уравнения

5.1. Метод параболического уравнения

Вывод параболического уравнения из уравнения Гельмгольца. Физическая интерпретация явления дифракции как поперечной диффузии лучевой амплитуды. Идеи Юнга и их развитие..

**3.3. Темы практических занятий**  
не предусмотрено

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

**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 (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	
<b>Знать:</b>							
основные методы высокочастотной электродинамики: геометрическую и физическую оптику, геометрическую теорию дифракции	ИД-1ПК-1	+	+				Тестирование/Геометрическая оптика Тестирование/Геометрическая оптика в неоднородных средах
<b>Уметь:</b>							
реализовать математическое моделирование процессов распространения, излучения и дифракции электромагнитных волн в плавно неоднородных средах и при наличии модельных объектов дифракции с использованием высокочастотных методов электродинамики	ИД-2ПК-1				+	+	Контрольная работа/Метод параболического уравнения Контрольная работа/Метод физической оптики
применять метод геометрической оптики при расчетах распространения электромагнитных волн в однородных и плавно неоднородных средах, метод физической оптики и метод геометрической теории дифракции при расчетах дифракции электромагнитных волн на эталонных объектах	ИД-2ПК-1			+			Контрольная работа/Геометрическая теория дифракции

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

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

#### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Геометрическая оптика (Тестирование)
2. Геометрическая оптика в неоднородных средах (Тестирование)
3. Геометрическая теория дифракции (Контрольная работа)
4. Метод параболического уравнения (Контрольная работа)
5. Метод физической оптики (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

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

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

1. Пермяков, В. А. Лекции по геометрической оптике неоднородных сред : учебное пособие по курсу "Электродинамика и распространение радиоволн" по направлению "Радиотехника" / В. А. Пермяков ; ред. В. В. Бодров ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 80 с. - ISBN 978-5-7046-1414-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5691](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5691);
2. Григорьев А. Д.- "Методы вычислительной электродинамики", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2013 - (428 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48301](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48301);
3. Боровиков, В. А. Геометрическая теория дифракций / В. А. Боровиков, Б. Е. Кинбер . – М. : Связь, 1978 . – 247 с.;
4. Уфимцев, П. Я. Основы физической теории дифракции : пер. с англ. / П. Я. Уфимцев . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 . – 350 с. - ISBN 978-5-94774-919-9 ..

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

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

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. 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	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-501, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-801/1, Учебная лаборатория радиолокационных и радионавигационных систем	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, ноутбук
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-825/3, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"	кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стол, стул, шкаф для одежды, стол письменный, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Специальные вопросы электродинамики

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Геометрическая оптика (Тестирование)
- КМ-2 Геометрическая оптика в неоднородных средах (Тестирование)
- КМ-3 Геометрическая теория дифракции (Контрольная работа)
- КМ-4 Метод физической оптики (Контрольная работа)
- КМ-5 Метод параболического уравнения (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14
1	Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости						
1.1	Аналитические, асимптотические и численные методы электродинамики: сравнение подходов и области применимости		+	+			
2	Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред						
2.1	Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред		+	+			
3	Геометрическая теория дифракции						
3.1	Геометрическая теория дифракции				+		
4	Физическая оптика						
4.1	Физическая оптика					+	+
5	Метод параболического уравнения						
5.1	Метод параболического уравнения					+	+
Вес КМ, %:			30	25	20	20	5