

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: Радионавигационные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

| | |
|---|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.19.01.02 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 2; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 72 часа |
| Лекции | 5 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | не предусмотрено учебным планом |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 39,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 5 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2021

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 Радионавигационные 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 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 12-25 |
| 2.1 | Геометрическая оптика однородных и неоднородных сред | 14 | | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 3 | Геометрическая теория дифракции | 16 | | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 11-30 |
| 3.1 | Геометрическая теория дифракции | 16 | | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 4 | Физическая оптика | 16 | | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 23-49 |
| 4.1 | Физическая оптика | 16 | | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 5 | Метод | 12 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Изучение материалов литературных</u> | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------|-------------|-----------|---|---|---|---|---|------------|-------------|---|---|--|
| | параболического уравнения | | | | | | | | | | | | источников: [2], стр. 58-75, 85-92 |
| 5.1 | Метод параболического уравнения | 12 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| | Зачет с оценкой | 0.3 | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | - | |
| | Всего за семестр | 72.0 | 32 | - | - | - | - | - | 0.3 | 39.7 | - | - | |
| | Итого за семестр | 72.0 | 32 | - | - | - | - | - | 0.3 | 39.7 | - | - | |

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 | |
| Знать: | | | | | | | |
| основные методы высокочастотной электродинамики: геометрическую и физическую оптику, геометрическую теорию дифракции | ИД-1ПК-1 | + | + | | | | Тестирование/Геометрическая оптика Тестирование/Геометрическая оптика в неоднородных средах |
| Уметь: | | | | | | | |
| 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».

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;
2. Григорьев А. Д.- "Методы вычислительной электродинамики", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2013 - (428 с.)
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;
3. Windows;
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
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 |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | 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 |
| 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 |