

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Прикладная электродинамика
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиолокации, управления и информатики
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составили:

С.П. Скобелев, д-р физ.-мат. наук

В.А. Калошин, д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

Р.В. Комягин, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры радиолокации, управления и информатики 01.03.2020

Аннотация

В курсе изучаются уравнения электромагнитного поля, включая энергетические соотношения, взаимодействие поля со средой, распространение электромагнитных волн в однородной изотропной среде с потерями, излучение волн, а также падение волны на плоскую границу раздела сред. В заключение курса рассмотрены особенности распространения волн в направляющих системах (волноводах).

Курс рассчитан на студентов, прослушавших ранее курс общей физики (раздел «Электродинамика»), владеющих основами математического анализа и линейной алгебры.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

изучение разделов теории электромагнетизма, необходимых для проектирования антенн и устройств СВЧ.

Задачи дисциплины

- освоение основных понятий теории электромагнитного поля;
- освоение основных соотношений и теорем теории электромагнитного поля;
- освоение основных методов решения уравнений теории электромагнитного поля;
- получение представления о современных прикладных проблемах теории электромагнитного поля.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия теории электромагнитного поля;
основные соотношения и теоремы теории электромагнитного поля;
основные методы решения уравнений электромагнитного поля
современные проблемы теории электромагнитного поля.

уметь:

пользоваться своими знаниями для построения математических моделей при решении задач теории антенн и СВЧ-устройств;
строить алгоритмы решения электродинамических задач;
эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

основными методами моделирования антенн и устройств СВЧ;
навыками самостоятельной работы и Интернете;
навыками грамотной обработки результатов численного эксперимента и сопоставления с теоретическими данными.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Уравнения электромагнитного поля	4			3
2	Квадратичные соотношения в электродинамике	3			3
3	Волновые процессы в безграничной однородной среде	7			3
4	Излучение электромагнитных волн	7			3
5	Граничные задачи электродинамики	9			3
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

1. Уравнения электромагнитного поля

Электромагнитное поле. Векторы электромагнитного поля. Заряды и токи как источники электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Уравнение непрерывности. Закон сохранения заряда. Материальные уравнения. Анизотропные среды. Распространение уравнений Максвелла на среды с разрывом непрерывности свойств среды. Граничные условия. Уравнения Максвелла для гармонических полей. Комплексные амплитуды векторных и скалярных полей. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд. Симметричная форма уравнений Максвелла. Магнитные заряды и токи. Перестановочная двойственность уравнений Максвелла.

2. Квадратичные соотношения в электродинамике

Теорема Умова-Пойнтинга. Баланс энергии электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга для комплексных амплитуд. Лемма Лоренца. Теорема взаимности. Теорема единственности решения уравнений Максвелла для внутренней и внешней задач электродинамики. Условия на бесконечности.

3. Волновые процессы в безграничной однородной среде

Непосредственное сведение уравнений Максвелла к волновому уравнению. Плоские электромагнитные волны. Векторные операции в криволинейных ортогональных системах координат. Электродинамические потенциалы. Векторы Герца. Метод Бромвича. Уравнения для функций Бромвича. Потенциалы Дебая. Потенциалы Абрагама. Принцип поляризационной двойственности. Цилиндрические электромагнитные волны. Сферические электромагнитные волны. Плоские волны в анизотропной среде. Эффекты Фарадея и Коттон-Мутона.

4. Излучение электромагнитных волн

Волны в безграничной среде с заданными источниками. Запаздывающие потенциалы. Функция Грина для безграничного пространства. Электромагнитное поле элементарных источников. Электрический и магнитный диполи Герца. Поле в ограниченной области пространства. Теорема эквивалентности. Векторизованная формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса-Френеля.

5. Граничные задачи электродинамики

Формулировка граничной задачи. Дифракция плоской волны на плоской границе раздела двух сред. Формулы Френеля. Скин-эффект. Граничные условия Леонтовича. Волны в регулярных волноводах. Волны электрического и магнитного типов в криволинейных системах координат. Формулировка граничной задачи для регулярного волновода и ее решение методом разделения переменных. Общие свойства собственных волн. Волны типа ТЕ и ТМ - условия существования и особенности. Волны в прямоугольном и круглом волноводах. Волны в коаксиальной линии.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] / Б. М. Петров - М. Горячая линия-Телеком, 2007
2. Техническая электродинамика [Текст] / В. И. Вольман, Ю. В. Пименов ; под ред. Г. З. Айзенберга - М. Связь, 1971
3. Электромагнитные волны [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Л. А. Вайнштейн .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Радио и связь, 1988 .— 440 с.

Дополнительная литература

1. Возбуждение электромагнитных волн [Текст] / Г. Т. Марков, А. Ф. Чаплин, -М., Радио и связь, 1983
2. Электродинамика и распространение радиоволн [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. В. Никольский .— 2-е изд., перераб. — М. : Наука, 1978 .— 543 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Мультимедийные технологии. MS PowerPoint , демонстрация презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В ходе лекционных занятий студенту рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы способствует успешному освоению содержания дисциплины, которая включает в себя:

- проработку лекций с использованием конспекта и литературой, рекомендуемых данной программой;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам;
- подготовка к дифференцированному зачету.

Также студент может дополнить список литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать учебные материалы при написании выпускной квалификационной работы.

Уровень проработки студентам прослушанных лекций контролируется преподавателем на лекционных занятиях. Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиолокации, управления и информатики
курс:	<u>3</u>
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

С.П. Скобелев, д-р физ.-мат. наук

В.А. Калошин, д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник

Р.В. Комягин, канд. техн. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Прикладная электродинамика» обучающийся должен:

знать:

основные понятия теории электромагнитного поля;
основные соотношения и теоремы теории электромагнитного поля;
основные методы решения уравнений электромагнитного поля
современные проблемы теории электромагнитного поля.

уметь:

пользоваться своими знаниями для построения математических моделей при решении задач теории антенн и СВЧ-устройств;
строить алгоритмы решения электродинамических задач;
эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

основными методами моделирования антенн и устройств СВЧ;
навыками самостоятельной работы и Интернете;
навыками грамотной обработки результатов численного эксперимента и сопоставления с теоретическими данными.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме.
2. Распространение уравнений Максвелла на среды с разрывом непрерывности свойств среды. Граничные условия.
3. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд. Симметричная форма уравнений Максвелла. Перестановочная двойственность уравнений Максвелла.
4. Теорема Умова-Пойнтинга. Баланс энергии электромагнитного поля. Теорема Умова-Пойнтинга для комплексных амплитуд.
5. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.
6. Непосредственное сведение уравнений Максвелла к волновому уравнению. Плоские электромагнитные волны.
7. Метод Бромвича. Уравнения для функций Бромвича. Потенциалы Дебая. Потенциалы Абрагама.
8. Цилиндрические электромагнитные волны. Сферические электромагнитные волны.
9. Плоские волны в анизотропной среде. Эффекты Фарадея и Коттон-Мутона.
10. Волны в безграничной среде с заданными источниками. Запаздывающие потенциалы. Функция Грина для безграничного пространства.
11. Электромагнитное поле элементарных источников. Электрический и магнитный диполи Герца.
12. Теорема эквивалентности. Векторизованная формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса-Френеля.
13. Дифракция плоской волны на плоской границе раздела двух сред. Формулы Френеля.
14. Волны в прямоугольном и круглом волноводах. Волны в коаксиальной линии.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.