

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

(подпись)

20.12.2016г

(дата утверждения)

Регистрационный № _____ уч.



**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ**

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальностей

1-31 04 02 Радиофизика,

1-98 01 01 Компьютерная безопасность (по направлениям)

направления специальности

1-98 01 01 - 02 Компьютерная безопасность (радиофизические методы и
программно-технические средства)

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов высшего образования ОСВО 1-31 04 02-2013 «Радиофизика»; ОСВО 1-98 01 01-2013 «Компьютерная безопасность (по направлениям)» и учебных планов Белорусского государственного университета № G31-164/уч. 2013г.; №G31и-189/уч. 2013г.; № 98-139/уч. 2013г.; № P98и-140/уч. 2013г.

СОСТАВИТЕЛИ:

С.В.Малый, декан факультета радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиофизики и цифровых медиатехнологий Белорусского государственного университета
(протокол № 4 от 15 ноября 2016 года);

Учебно-методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета
(протокол № 3 от 22 ноября 2016 года).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина по выбору студента "Компьютерное моделирование электродинамических процессов и систем" - научно-практическая учебная дисциплина, в которой изучаются вопросы, связанные с компьютерными технологиями моделирования электромагнитных процессов, устройств и систем.

Данная учебная дисциплина входит в компонент УВО цикла специальных дисциплин как курс по выбору студентов.

Цель преподавания дисциплины - формирование базовых знаний и навыков специалиста в области вычислительного эксперимента в оптике и микроволновой технике.

Задачи изучения дисциплины:

- классификация электромагнитных задач и методов их решения;
- изучение основных методов численного решения электродинамических задач;
- изучение особенностей технологии вычислительного эксперимента в оптике и микроволновой технике;
- технологии разработки средств вычислительного эксперимента;
- особенности решения задач прикладной электродинамики (распространение и дифракция волн, антенны и антенные решетки, композиционные материалы и метаматериалы, фотонные кристаллы).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- технологию вычислительного эксперимента в прикладной электродинамике и оптике;
- основные методы вычислительной электродинамики;
- принципы функционирования прикладных микроволновых и оптических систем;

уметь:

- применять технологию вычислительного эксперимента для исследования электромагнитных процессов и систем оптического и микроволнового диапазонов;

владеть:

- базовыми технологиями вычислительного эксперимента в области прикладной электродинамики;
- навыками планирования вычислительного эксперимента по исследованию электродинамических процессов и систем;

Изучение дисциплины базируется на знаниях, приобретенных студентами при изучении дисциплин «Общая физика (разделы «Электричество», «Оптика»)», «Теоретическая физика» (раздел «Электродинамика»), «Прикладная электродинамика», «Теория волновых процессов».

Освоение учебной программы по учебной дисциплине «Компьютерное моделирование электродинамических процессов и систем» должно **обеспечить формирование следующих компетенций:**

- работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий;

- разрабатывать численные алгоритмы и программы;
- составлять отчеты и презентации по исследовательской работе;
- формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы;
- работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой с целью получения последних сведений о новых методах защиты информации, о стойкости существующих систем защиты информации;
- разрабатывать модели явлений, процессов или систем, выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие, разрабатывать новые методы и применять их для решения задач при организации защиты информации;
- выполнять оценку эффективности методов защиты информации;
- в составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать, рассчитывать и анализировать режимы работы, прогнозировать направления развития радиоэлектронных устройств и систем;
- создавать автоматизированные системы проектирования на основе разработок новых и применения известных программных средств;
- разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств и систем и проводить вычислительные эксперименты при решении задач проектирования и оптимизации радиоэлектронных систем и устройств;

В соответствии с учебным планом учебная программа предусматривает для изучения дисциплины 130 часов (специальность 1-31 04 02) и 100 часов (специальность 1-98 01 01 – 02). Из них 62 часа аудиторных занятий, в том числе 34 часа лекционных и 28 часов лабораторных занятий.

Дисциплина преподается в 8 семестре 4 курса для студентов дневной формы получения высшего образования.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение.

Общая постановка задач прикладной электродинамики. Классификация задач прикладной электродинамики. Классификация методов решения задач прикладной электродинамики.

2. Асимптотические методы.

Метод геометрической оптики. Метод геометрической теории дифракции. Метод физической оптики. Метод краевых волн.

3. Конечно-разностные методы.

Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме. Конечно-разностная аппроксимация дифференциальных уравнений. Метод конечных разностей во временной области. Особенности построения рекуррентного алгоритма Yee. Модели поглощающих граничных условий. Метод эквивалентных источников в построении источников электромагнитного поля и расчете характеристик излучения и рассеяния в дальней зоне. Временная и емкостная сложность алгоритмов, реализующих метод FD-TD.

4. Декомпозиционный подход в электродинамике.

Метод минимальных автономных блоков. Свойства минимальных автономных блоков. Блоки перехода. Основы теории многополюсников. Декомпозиционные и рекомпозиционные процедуры. Итерационные алгоритмы реализации процессов многократного рассеяния в системе МАБ. Модели локальных и удаленных источников электромагнитного излучения.

5. Метод интегральных уравнений.

Поверхностные и объемные интегральные уравнения. Интегральные уравнения для тонкопроволочных структур. Система базовых и весовых функций. Алгоритмы перехода к системам линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений в задачах одно- и многовариантного анализа. Временная и емкостная сложность алгоритмов.

6. Метод конечных элементов.

Особенности применения методов конечных элементов для решения задач прикладной электродинамики. Вариационный и проекционный подход к формулировке задачи в рамках метода конечных элементов. Метод КЭ для векторных полей. Особенности систем линейных алгебраических уравнений и методы их решения. Сходимость и устойчивость метода КЭ.

7. Моделирование электродинамических процессов в неоднородных средах.

Особенности решения задач распространения электромагнитных волн в неоднородных средах. Методы расчета электродинамических параметров неоднородных композиционных материалов. Методы учета нелинейных свойств материалов.

8. Дифракция и рассеяние электромагнитных волн.

Технологии расчета характеристик рассеяния электромагнитного излучения на сложных по геометрии и материальному составу объектах. Гибридные методы.

9. Электродинамика периодических структур.

Технологии расчета электродинамических свойств периодических структур (дифракционные решетки, композиционные материалы, фотонные и электромагнитные кристаллы и т.д.).

10. Моделирование антенных систем.

Технологии численного моделирования антенных систем (проволочные антенны, зеркальные и линзовые антенны, антенные решетки).

11. Технология вычислительного эксперимента в прикладной электродинамике.

Основные этапы вычислительного эксперимента по исследованию электродинамических процессов и систем. Технологии разработки и контроля качества вычислительных моделей. Принципы построения современных систем исследования и автоматизированного проектирования устройств прикладной электродинамики. Структура и основные технологические возможности современных систем моделирования электродинамических процессов и систем.

12. Системы моделирования электродинамических процессов и систем.

Программные комплексы, базирующиеся на методе конечных элементов. Изучение возможностей и технологии использования пакетов ANSYS, ANSYS HFSS, COMSOL Multiphysics.

Программные комплексы, базирующиеся на методе интегральных уравнений для тонкопроволочных структур. Изучение возможностей и технологии использования пакетов NEC, MMANA, FEKO.

Программные комплексы, базирующиеся на методе конечных разностей во временной области. Изучение возможностей и технологии использования пакетов APLAC, SEMCAD.

13. Моделирование мультифизических процессов.

Изучение возможностей и технологии исследования электродинамических процессов совместно с другими типами физических процессов (термодинамическими, структурно-механическими, акустическими и т.д.). Технология исследования мультифизических процессов в среде пакетов ANSYS и COMSOL Multiphysics.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Материальное обеспечение занятия	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Введение.	2							
2.	Асимптотические методы.	2							
3.	Конечно-разностные методы.	2			4			Методические указания	Отчет
4.	Декомпозиционный подход в электродинамике.	2							
5.	Метод интегральных уравнений.	2			4			Методические указания	Отчет
6.	Метод конечных элементов.	2			4			Методические указания	Отчет
7.	Моделирование электродинамических процессов в неоднородных средах.	2							
8.	Дифракция и рассеяние электромагнитных волн.	2							
9.	Электродинамика периодических структур.	2							
10.1	Технологии численного моделирования проволочных антенн, зеркальных и линзовых антенн.	2							
10.2	Технологии численного моделирования антенных решеток.	2			4			Методические указания	Отчет

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.1	Основные этапы вычислительного эксперимента по исследованию электродинамических процессов и систем. Технологии разработки и контроля качества вычислительных моделей.	2							
11.2	Принципы построения современных систем исследования и автоматизированного проектирования устройств прикладной электродинамики. Структура и основные технологические возможности современных систем моделирования электродинамических процессов и систем.	2			4			Методические указания	Отчет
12.1	Программные комплексы, базирующиеся на методе конечных элементов. Изучение возможностей и технологии использования пакетов ANSYS, ANSYS HFSS, COMSOL Multiphysics. Программные комплексы, базирующиеся на методе интегральных уравнений для тонкопроволочных структур. Изучение возможностей и технологии использования пакетов NEC, MMANA, FEKO/	2			2			Методические указания	Отчет
12.2	Программные комплексы, базирующиеся на методе конечных разностей во временной области. Изучение возможностей и технологии использования пакетов APLAC, SEMCAD.	2			2			Методические указания	Отчет
13.1	Технология исследования мультифизических процессов в среде пакетов ANSYS, COMSOL Multiphysics.	2			2			Методические указания	Отчет
13.2	Технология исследования мультифизических процессов в среде пакета COMSOL Multiphysics	2			2			Методические указания	Отчет
	ВСЕГО:	34			28				

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список рекомендуемой литературы

Основная

1. Численные методы теории дифракции: Сб. статей. Пер. с. англ./-М.: Мир, 1982.- 200с.
2. Никольский В.В., Никольская Т.И. Декомпозиционный подход к задачам электродинамики. -М.: Наука, 1983.-304 с.
3. Д.М. Сазонов. Антенны и устройства СВЧ. М., Высшая школа, 1988.
4. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ-устройств. - М., Радио и связь, 1987.
5. ТИИЭР, т. 77, 1989.
6. Григорьев А.Д. Методы вычислительной электродинамики. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.- 432с.

Перечень примерных тем лабораторных работ

1. Моделирование электродинамических систем на основе метода интегральных уравнений тонкопроволочных структур.
2. Моделирование электродинамических систем на основе метода конечных элементов.
3. Моделирование электродинамических процессов и систем на основе метода конечных разностей во временной области.
4. Моделирование электродинамических процессов и систем на основе метода конечных интегралов.
5. Моделирование электродинамических систем на основе асимптотических методов.
6. Моделирование электродинамических систем на основе метода минимальных автономных блоков.
7. Моделирование взаимодействия электромагнитного излучения со структурно неоднородными материалами.
8. Технология работы со специализированными программными комплексами, ориентированными на решение задач прикладной электродинамики.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка по дисциплине формируется на основе зачетной оценки и оценки текущего контроля в соответствии с «Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в БГУ», утв. приказом ректора БГУ № 382-ОД от 18.08.2015 г. Весовой коэффициент зачетной оценки - 0,6; весовой коэффициент текущей успеваемости - 0,4. Оценка текущего контроля формируется на основании оценок отчетов по лабораторному практикуму.

**ПРОТОКОЛ
СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Общая физика	Общей физики	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года
Электродинамика	Теоретической физики	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года
Прикладная электродинамика	Радиофизики и цифровых медиатехнологий	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года
Теория волновых процессов	Радиофизики и цифровых медиатехнологий	изменений не требуется	протокол № 4 от 15 ноября 2016 года