

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»  
Программа повышение конкурентоспособности ННГУ им. Н.И. Лобачевского  
Стратегическая инициатива 7 «Достижение лидирующих позиций в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений»

Радиофизический факультет  
Кафедра электроники

УТВЕРЖДАЮ  
Декан радиофизического факультета

\_\_\_\_\_ Матросов В.В.  
«21» мая 2014 г.

### **Учебная программа**

Дисциплины СДМ.01 «Методы численного моделирования электростатических полей  
в теории электронных приборов»

Направление подготовки - 011800 – «Радиофизика»

Профиль подготовки (специализация)

**Общий профиль**  
**Профессиональный**  
**Вариативная часть**

Квалификация (степень) выпускника - магистр

Форма обучения - очная

Нижний Новгород

2014 год

### 1. Область применения

Данная дисциплина относится к специальным дисциплинам, преподается в 11 семестре.

### 2. Цели и задачи дисциплины

Курс «Методы численного моделирования электростатических полей в теории электронных приборов СВЧ» базируется на знаниях студентов, приобретенных в курсах общей физики, математического анализа, дифференциальных уравнений, электроники.

Цель курса - сформировать у студентов современное представление об основных численных методах расчета полей в системах со сложным контуром границы расчетной области.

### 3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В процессе изучения курса студенты должны освоить и изучить:

- Основные идеи наиболее универсальных и популярных численных методов решения уравнений в частных производных;
- Методику использования различных вариантов методов;
- Достоинства и недостатки различных численных методов расчета полей, уметь выбрать тот или иной метод решения в зависимости от специфики решаемой задачи.

### 4. Объём дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>75</b>	<b>11</b>
Аудиторные занятия	36	36
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	–	–
Семинары (С)	–	–
Лабораторные работы (ЛР)	–	–
Другие виды аудиторных занятий	–	–
Самостоятельная работа	39	39
Курсовой проект (работа)	–	–
Расчетно-графическая работа	–	–
Реферат	–	–
Другие виды самостоятельной работы	–	–
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	зачет

### 5. Содержание дисциплины

#### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	ПЗ (или С)	ЛР
1.	Введение	2		
2.	Общие вопросы моделирования электронно-оптических систем (ЭОС)	6		
3.	Метод сеток	8		
4.	Метод конечных элементов	6		
5.	Методы интегральных уравнений и вспомогательных зарядов	5		
6.	Методика выбора метода решения полевой задачи при численном моделировании	5		
7	Применение параллельных вычислений для моделирования электронных приборов СВЧ	4		

#### 5.2. Содержание разделов дисциплины

## **Раздел 1. Введение**

Предмет и задачи курса. Численное моделирование и его этапы. Разделы курса.

## **Раздел 2. Общие вопросы моделирования электронно-оптических систем (ЭОС)**

Требования к ЭОС приборов СВЧ электроники. Система уравнений электронного потока в ЭОС. Метод итераций. Метод трубок тока и проблема моделирования распределения плотности объемного заряда.

## **Раздел 3. Метод сеток**

**3.1.** Понятие о методе сеток. Расчет поля в триодной структуре.

**3.2.** Метод сеток в области произвольной формы. Сетки с переменным шагом. Анализ геометрии области. Аппроксимация граничных условий. Аппроксимация уравнения Пуассона.

**3.3.** Методы решения разностных уравнений (метод прогонки, простая итерация, верхняя релаксация, метод продольно- поперечной прогонки). Методы неполной матричной факторизации (метод Булеева). Скорость сходимости и точность метода сеток. Примеры использования метода сеток.

## **Раздел 4. Метод конечных элементов**

**4.1.** Основные понятия метода конечных элементов (конечный элемент, пробная функция, элементный вектор и т.д.).

**4.2.** Метод конечных элементов в двумерной области. Виды и классификация конечных элементов. Понятие о локальных координатах и криволинейных конечных элементах. Моделирование режимов работы магнетронно-инжекторной пушки на базе метода конечных элементов.

## **Раздел 5. Методы интегральных уравнений и вспомогательных зарядов**

**5.1.** Метод интегральных уравнений. Методика сведения задачи к системе линейных алгебраических уравнений большого порядка. Расчет электрического поля в методе интегральных уравнений. Расчет ЭОС клистрона.

**5.2.** Сложность описания поля вблизи поверхности электродов. Метод вспомогательных источников.

## **Раздел 6. Методика выбора метода решения полевой задачи при численном моделировании**

Сравнительная характеристика различных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных.

## **Раздел 7. Использование параллельных вычислений при задач численного моделирования электростатических полей в мощной СВЧ электронике**

Понятие о параллельных вычислениях. Особенности применения системы с общей и распределенной памятью. Конструкция, быстродействие и возможности многопроцессорных систем. Понятие о системах MPI и Open MP. Алгоритмы распараллеливания при использовании различных вычислительных методов. Примеры решения типичных задач численного моделирования электростатических полей в мощной СВЧ электронике.

### 6. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

### 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. – Л. Энергия, Ленингр. отделение, 1972, - 271 с.

2. Ильин В.П. Численные методы решения задач электрооптики. – Новосибирск: Наука, сиб. отд-ие, 1974 – 202 с.

3. Корн Г. Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). М, Наука, 1978 – 831 с.
4. Рошаль А.С. Моделирование заряженных пучков. Атомиздат, М.: 1979, 224 с.
5. Норри Д., Ж. де Фриз. Введение в метод конечных элементов. М. Мир, 1981, 304 с.
6. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007

б) дополнительная литература

1. Ильин В.П. голубцов Б.И. Автоматизация решения краевых задач для уравнения Пуассона. / под ред. Г.И.Марчука. - Новосибирск: Наука, сиб. отд-ие, 1969 – 51 с.
2. Гергель В.П. Введение в методы параллельного программирования [Электронный ресурс] / В.П. Гергель ; Интернет-Университет Информационных Технологий. - Электронные данные. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий , 2008. – 1 электрон.опт.диск(DVD-ROM). – ISBN 978-5-9556-0060-4.

8. Вопросы для контроля

3. Основные положения метода трубок тока.
4. Методика сведения уравнений в частных производных к системе линейных алгебраических уравнений в методе сеток.
5. Анализ геометрии области в методе сеток.
6. Методы решения сеточных уравнений. Скорость сходимости методов.
7. Основные понятия метода конечных элементов (конечный элемент, пробная функция, элементный вектор и т.д.).
8. Методика использования метода конечных элементов в областях произвольной формы.
9. Задание граничных условий в методе конечных элементов. Решение неоднородных уравнений.
10. Методика получения системы линейных алгебраических уравнений большого порядка в методах интегральных уравнений и вспомогательных источников. Достоинства и недостатки методов.
11. Сравнительная характеристика различных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных.
12. Закон Амдала.
13. Методика распараллеливания в методе крупных частиц.

9. Критерии оценок

Зачтено	В целом хорошая подготовка с некоторыми ошибками.
Не зачтено	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.

10. Примерная тематика курсовых работ и критерии их оценки

Не предусмотрена.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом по направлению 010800 «Радиофизика».

Автор программы \_\_\_\_\_ Мануилов В.Н.

Программа рассмотрена на заседании кафедры 04 апреля 2014 года протокол № 4

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Оболенский С.В.

Программа одобрена методической комиссией факультета 10 апреля 2014 года протокол № 05/10

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_ Мануилов В.Н.