

**Министерство образования Российской Федерации**  
**Санкт - Петербургский государственный университет**  
**Физический факультет**

Рассмотрено и рекомендовано  
на заседании кафедры  
вычислительной физики

УТВЕРЖДАЮ  
декан факультета

протокол от 20.05.03 № 5

Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ И.В. Комаров

\_\_\_\_\_

**ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**СДМ.В.05 - "Математические методы оптики заряженных частиц"**  
**специальность – 510422 "Физика"**

Разработчик:

доцент, канд. физ.-мат. наук \_\_\_\_\_ А.П. Щербаков

Рецензент:

докт. физ.-мат. наук \_\_\_\_\_ М.И. Явор

Санкт - Петербург - 2003 г.

## 1. Организационно-методический раздел

- 1.1. Цель изучения дисциплины:** Обучение студентов и магистрантов основным математическим методам оптики заряженных частиц применительно к задачам построения современных автоматизированных систем научных исследований.
- 1.2. Задачи курса:** Изучение основных разделов оптики заряженных частиц, лежащих в основе описания приборов и систем для анализа пучков заряженных частиц; обеспечение базы для усвоения и применения соответствующих комплексов компьютерных программ.
- 1.3. Место курса в профессиональной подготовке выпускника:** Дисциплина “Математические методы оптики заряженных частиц” является специальной дисциплиной в рамках магистерской программы “Вычислительная физика и автоматизированные системы научных исследований” и служит основой подготовки специалистов в области разработки приборов и установок для анализа состава, структуры и свойств веществ, использующих пучки заряженных частиц.
- 1.4. Требования к уровню освоения дисциплины "Математические методы оптики заряженных частиц"**
- знать содержание дисциплины "Математические методы оптики заряженных частиц" и иметь достаточно полное представление о возможностях применения математического моделирования при разработке, проектировании и оптимизации приборов для научных исследований, использующих пучки заряженных частиц;
  - владеть терминологией и основными методами оптики заряженных частиц;
  - иметь представление об основных элементах систем для транспортировки, фокусировки и разделения потоков заряженных частиц.
  - иметь практические навыки работы с пакетами прикладных программ, разработанными в Институте аналитического приборостроения РАН, по математическому моделированию фокусирующих, диспергирующих и транспортирующих систем.

## 2. Объем дисциплины, виды учебной работы, форма текущего, промежуточного и итогового контроля

Всего аудиторных занятий	89 часов
из них: - лекций	64 часа
- самостоятельная работа	25 часа
Итого (трудоемкость дисциплины)	89 часов

### Изучение дисциплины по семестрам:

11 семестр: лекции – 32 ч., самостоятельная работа – 12 ч., экзамен;

12 семестр: лекции – 32 ч., самостоятельная работа – 13 ч., экзамен.

## 3. Содержание дисциплины

### 3.1.1. Темы дисциплин, их краткое содержание и виды занятий

## 11– й, 12 - й семестры

I. Введение: 4 ч. лекций.

Математическое моделирование в научном приборостроении. Оптика заряженных частиц при разработке, проектировании и оптимизации приборов для научных исследований.

II. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях: 8 ч. лекций.

Уравнения движения. Различные формы уравнений траекторий. Законы подобия. Вариационные принципы. Интегралы движения и инварианты.

III. Гамильтонова оптика: 12 ч. лекций.

Уравнение Гамильтона-Якоби. Характеристическая функция. Оптико-механическая аналогия. Интегральный инвариант Пуанкаре-Картана. Трубка тока. Лучевые координаты. Расходимость и гессиан поля траекторий. Каустики. Основные особенности поля траекторий, “катастрофы”.

IV. Методы расчета статических полей: 12 ч. лекций.

Уравнения поля. Краевые задачи. Вариационные принципы. Интегральные уравнения для скалярных потенциалов. Разложения в ряды Фурье. Осесимметричные и плоские поля. Поля мультиполей. Конечно-разностные методы. Методы конечных элементов. Методы граничных элементов.

V. Теория возмущений в оптике заряженных частиц: 8 ч. лекций.

Параксиальное приближение. Гауссова оптика систем с симметрией вращения. Теория aberrаций. Симметрия системы и разрешенные типы aberrаций. Классификация aberrаций.

VI. Основные корпускулярно-оптические элементы и системы: 8ч. лекций.

Транспортирующие и фокусирующие системы (осесимметричные и квадрупольные линзы, линзовые системы). Диспергирующие системы (магнитные секторные однородные и неоднородные поля, цилиндрический и сферический конденсатор, призмные системы).

VII. Компьютерная корпускулярная оптика: 12 ч. лекций, 25 ч. самост. раб.

Компьютерные методы моделирования ионно- и электронно-оптических систем. Методы анализа и синтеза систем. Компьютерная алгебра и ее приложение в теории aberrаций. Методы оптимизации: градиентные методы, методы случайного поиска, многокритериальные задачи.

**Лабораторные работы** на персональных компьютерах с использованием пакетов прикладных программ.

**3.2. Лабораторный практикум (по разделу VII)(самостоятельная работа) - 25 часов**

### Наименование лабораторных работ:

1. Расчет электростатических полей заданной системы электродов.

2. Исследование корпускулярно-оптических свойств плоского конденсатора.
3. Исследование корпускулярно-оптических свойств цилиндрического зеркала.

### **3.3. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы**

Раздел 3.3 в данной программе отсутствует.

### **3.4. Темы курсовых работ (фрагмент)**

Раздел 3.4 в данной программе отсутствует.

### **3.5. Темы рефератов**

Раздел 3.5 в данной программе отсутствует.

### **3.6. Примерный перечень вопросов к зачету (экзамену) по всему курсу**

Раздел 3.6 в данной программе отсутствует.

## **4. Учебно-методическое обеспечение курса**

### **4.1. Перечень обучающих, контролирующих и расчетных программ, диафильмов, слайдфильмов, кино и видео- фильмов**

Система прикладных программ, разработанных и используемых в ИАнП РАН

### **4.2. Активные методы обучения**

В данном курсе используются классические аудиторные методы и самостоятельная работа студентов с персональным компьютером.

### **4.3. Материальное обеспечение дисциплины, технические средства обучения и контроля**

Компьютеры лаборатории оптики заряженных частиц и математического моделирования ИАнП РАН.

### **4.4. Методические рекомендации (материалы) преподавателю по организации лабораторных работ с использованием инструментальных программных средств поддержки компьютерного моделирования динамики пучков заряженных частиц – математического пакета ДЕЛЬТА.**

### **4.5. Методические указания студенту по лабораторной работе с использованием инструментального программного средства поддержки компьютерного моделирования динамики пучков заряженных частиц – математического пакета ДЕЛЬТА.**

### **4.6. Методические рекомендации по использованию программных систем**

### **4.7. Литература**

#### **4.7.1. Основная**

1. Хокс П., Каспер Э. Основы электронной оптики. В 2-х тт. М.: Мир, 1993.
2. Вольник Г. Оптика заряженных частиц. СПб.: Энергоатомиздат, 1992.
3. Силадьи М. Электронная и ионная оптика. М.: Мир, 1990.

#### **4.7.2. Дополнительная**

1. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Каханер Д., Моулер К., Неш С. Численные методы и программное обеспечение. М.: Мир, 1998.
3. Бенфорд А. Транспортировка пучков заряженных частиц. М.: Атомиздат, 1969.

**АВТОР ПРОГРАММЫ:**

А. П. Щербаков, канд. физ.-мат. наук, с.н.с., доцент кафедры вычислительной физики

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

М.И.Явор, доктор физ.-мат. наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник Института аналитического приборостроения РАН.