

Министерство образования Российской Федерации
Санкт - Петербургский государственный университет
Физический факультет

Рассмотрено и рекомендовано
на заседании кафедры
вычислительной физики

протокол от 20.05.03 № 5

Заведующий кафедрой
_____ И.В. Комаров

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СДМ.В.04 - "Математические методы моделирования пучков 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 методам и приемам математического моделирования пучков заряженных частиц применительно к задачам построения современных автоматизированных систем научных исследований.
- 1.2. Задачи курса:** Изучение разделов вычислительной физики, прикладной математики и математического моделирования, лежащих в основе описания пучков заряженных частиц и их взаимодействия с веществом; развитие навыков самостоятельного решения практических задач; обеспечение базы для усвоения и применения соответствующих комплексов компьютерных программ.
- 1.3. Место курса в профессиональной подготовке выпускника:** Дисциплина “Математические методы моделирования пучков 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, использующих пучки заряженных частиц.
- 1.4. Требования к уровню освоения дисциплины СДМ.В.04 - "Математические методы моделирования пучков заряженных частиц"**
- знать содержание дисциплины "Математические методы моделирования пучков 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 методами описания пучков в терминах фазового пространства, теоремы Лиувилля и ее следствий в теории транспортировки;
 - уметь оценивать основные физические параметры пучка заряженных частиц, выбирать на основе этой оценки адекватную физическую модель и вычислительную процедуру, владеть имитационными методами моделирования;
 - иметь практические навыки работы с пакетами прикладных программ, разработанными в Институте аналитического приборостроения РАН, по математическому моделированию пучков.

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

Всего аудиторных занятий	82 часов
из них: - лекций	64 часа
- самостоятельная работа	18 часа
Итого (трудоемкость дисциплины)	82 часов

Изучение дисциплины по семестрам:

11 семестр: лекции – 32 ч., самостоятельная работа – 9 ч., экзамен;

12 семестр: лекции – 32., самостоятельная работа – 9 ч., экзамен;

3. Содержание дисциплины

3.1.1. Темы дисциплин, их краткое содержание и виды занятий

11 - й семестр

I. Введение: 2 ч. лекций.

Математическое моделирование в научном приборостроении. Вычислительный эксперимент, его схема, основные этапы. Виртуальный прибор.

II. Корпускулярные и физические свойства пучков заряженных частиц: 16 ч. лекций.

Гамильтонов формализм и теорема Лиувилля. Цепочка уравнений ББГКИ. Уравнение Больцмана. Дебаевское приближение. Уравнение Власова и его свойства. Законы масштабирования. Эмиттанс и яркость пучка. Кроссовер. Термодинамические параметры пучка. Элементы теории транспортировки. Преобразование эмиттанса ионно-оптическими элементами и системами. Уравнение для огибающей пучка с конечным фазовым объемом. Уравнение Капчинского-Владимирского. Эффект Боерша.

III. Компьютерное моделирование интенсивных заряженных пучков: 16 ч. лекций, 9 ч. самостоятельной раб.

Обзор основных методов. Характерные параметры ансамбля частиц. Модель “водяной мешок”. Методы преобразований. Метод “трубок тока”. Модели “крупных частиц”. Методы “частица-сетка”, “частица-частица”, “частица-частица – частица-сетка”. Имитационные модели стохастических парных кулоновских взаимодействий, эффект Боерша. Извлечение ионов из плазмы. Методы статистического моделирования в задачах физико-химической кинетики пучков. Пропорциональная и равнопредставительная имитационные модели.

12 - й семестр

IV. Взаимодействие пучков с веществом: 20 ч. лекций, 5 ч. самост. раб.

Модели взаимодействия атомных частиц. Моделирование длины и времени свободного пробега. Методы условной длины свободного пробега и фиктивного столкновения. Угловое распределение в моделях однократных и многократных столкновений. Моделирование энергетического распределения. Ядерное и электронное торможение. Формулы Фирсова, Кишиневского, Бете-Блоха, Линдхарда-Шарфа. Моделирование зарядового состава. Равновесный заряд. Модели среды. Разреженные газодинамические и электрогазодинамические течения. Взаимодействие с остаточным газом и изотопическая чувствительность масс-спектрометров. Источники ионов с ионизацией при атмосферном давлении (типа “электроспрей”). Газонаполненные сепараторы продуктов ядерных реакций.

V. Пакеты прикладных программ: 12 ч. лекций, 4 ч. самост. раб.

Системы прикладных программ “Дельта”, “Дельта-SC”, “Дельта-СН”. Состав, вычислительные методы, особенности взаимодействия составных частей, задание исходных данных, вывод и представление результатов. **Лабораторные работы** на персональных компьютерах с использованием пакетов прикладных программ.

3.2. Лабораторный практикум (по разделу III, IV, V) (самостоятельная работа) - 18 часов

Наименование лабораторных работ:

1. Моделирование диффузии и дрейфа ионов в газе в однородном электрическом поле.
2. Моделирование транспортировки пучка ионов в электрическом поле заданной системы электродов с учетом собственного объемного заряда.
3. Моделирование транспортировки пучка ионов в электрическом поле заданной системы электродов с учетом собственного объемного заряда и рассеяния ионов на молекулах газа.
4. Моделирование формирования пучка ионов, извлекаемых из плазмы электрическим полем.
5. Моделирование движения ионов в однородном магнитном поле с учетом рассеяния на молекулах остаточного газа и формирование масс-спектрометрического пика.

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 самостоятельное построение студентами математических моделей.

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 систем Mathcad и Matlab-Simulink

4.7. Литература

4.7.1. Основная

1. Лоусон Дж. Физика пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1980.
2. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц. М.: Мир, 1987.
3. Березин Ю.А., Федорук М.П. Моделирование нестационарных плазменных процессов. Новосибирск, 1993.
4. Каханер Д., Моулер К., Неш С. Численные методы и программное обеспечение. М.: Мир, 1998.
5. Бенфорд А. Транспортировка пучков заряженных частиц. М.: Атомиздат, 1969.

4.7.2. Дополнительная

1. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Физика и технология источников ионов./ Под ред. Я. Брауна. М.: Мир, 1998.
3. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. М.: Наука, 1976.
4. Готт Ю.В. Взаимодействие частиц с веществом в плазменных исследованиях. М.: Атомиздат, 1978.
5. Хокс П., Каспер Э. Основы электронной оптики. В 2-х тт. М.: Мир, 1993.

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.