

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ А.Л.Толстик
(подпись) (И.О.Фамилия)

15.01.2015
(дата утверждения)

Регистрационный № УД-1721 /баз.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КУРС МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальностей:**

1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.И. Слободянюк — заведующий кафедрой компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.И. Анцулевич — доцент кафедры физики Белорусского государственного педагогического университета им. М. Танка, кандидат физико-математических наук;

Г.А. Пицевич — доцент физической оптики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой компьютерного моделирования физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 17 от 16 июня 2014 г.)

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета
(протокол № 6 от 20 июня 2014 г.)

Ответственный за редакцию: А.И. Слободянюк

Ответственный за выпуск: А.И. Слободянюк

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса «Интегрированный курс моделирования» разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям).

Материал курса основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в курсах общей и теоретической физики, теории дифференциальных уравнений, уравнений математической физики. Основное содержание курса составляет изучение методов построения и анализа моделей на основе дифференциальных уравнений в частных производных. В него включены вопросы изучения электромагнитных полей, процессов теплопередачи, гидродинамики, волновых процессов, некоторых задач квантовой механики методами математического и компьютерного моделирования. В программе предусмотрено выполнение лабораторных работ по индивидуальным заданиям.

Особенностями данного специального курса являются:

- данный курс является центральным курсом специализации «Компьютерное моделирование физических процессов», поэтому он тесно связан с предшествующими специальными курсами;

- тесная связь с большинством разделов курсов общей и теоретической физики, которые служат источниками примеров построения моделей и обобщения математического аппарата в применении к принципиально различным физическим явлениям;

Основные задачи курса:

- формирование целостного представления об общих принципах математического моделирования;

- усвоение методов качественного анализа, математических моделей;

- формирования навыков проведения компьютерного эксперимента в рамках моделей различного типа.

Данный спецкурс является логическим продолжением курсов «Компьютерное моделирование физических процессов» и «Методы Монте-Карло».

Общее количество часов – 118; аудиторное количество часов — 64, из них: лекции — 34, лабораторный практикум – 30, контролируемая самостоятельная работа — 12. Форма отчётности — экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Практические	Семинары	Лабораторные занятия	Контролируемая самостоятельная работа	Всего
1.	Введение. Стационарные и векторные поля и их математическое описание.	4					4
2.	Стационарное поле температур.	2			6		8
3.	Электростатические поля и их расчет.	4			6		10
4.	Магнитостатические поля и их расчет.	4				6	10
5.	Поле скоростей жидкости и его описание.	2					2
6.	Процессы перехода к стационарному состоянию (процессы релаксации)	2					2
7	Процессы теплопередачи, описание и моделирование	4			6		10
8	Диффузионные процессы, описание и моделирование	2					2
9	Волновые процессы и волновое уравнение.	4			6		8
10	Нелинейные волны.	4				6	10
11	Простейшие задачи квантовой механики.	2			6		10
	Итого	34			30	12	76

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение. Стационарные и векторные поля и их математическое описание.

1.1 Примеры стационарных полей: поле температур, поле скоростей потока жидкости, электростатическое и магнитостатические поля. Потенциальные и соленоидальные поля.

1.2 Описание с помощью уравнений эллиптического типа. Постановка задачи. Типы граничных условий и их физический смысл. Фундаментальные решения уравнения Лапласа в декартовой, цилиндрической и сферической системе координат.

2. Стационарное поле температур.

Уравнение и граничные условия. Зависимость распределения температур от граничных условий. Температурные поля в неоднородных средах. Графическое представление температурных полей (градиентное и семейство изолиний).

3. Электростатические поля и их расчет.

3.1 Уравнения Лапласа и Пуассона для электростатического поля. Алгоритмы построения силовых линий. Граничные условия и их физический смысл.

3.2 . Примеры построения функций Грина для электростатических полей. Метод изображений в электростатике.

4. Магнитостатические поля и их расчет.

4.1 Уравнения Максвелла, формула Био-Саварра, Граничные условия. Примеры расчета магнитостатических полей.

4.2 Явление гистерезиса в ферромагнетиках и его описание. Модель Изинга.

5. Поле скоростей жидкости и его описание.

Поле скоростей жидкости. Потенциальное течение, потенциал скоростей и его использование для расчета течения жидкости. Общие уравнения гидродинамики (уравнения Навье-Стокса) и методы их решения.

6. Процессы перехода к стационарному состоянию (процессы релаксации).

6.1 Примеры задач, приводящих к уравнениям параболического типа типа: уравнения теплопроводности, диффузии. Постановка задачи, граничные и начальные условия. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца в декартовой, цилиндрической и сферической системе координат.

6.2 Процессы теплопередачи. Примеры решения линейных задач. Тепловые волны. Теплопередача в неоднородных средах и при наличии источников. Теплопередача в средах с теплопроводностью, зависящей от температуры: явление локализации теплоты, режимы с обострениями.

7. Диффузионные процессы, описание и моделирование.

Диффузия и ее описание. Моделирование броуновского движения. Уравнение Фоккера-Планка. Примеры задач, приводящих к уравнению Фоккера-Планка.

8. Волновые процессы и волновое уравнение.

8.1 Волновое уравнение. Постановка задачи, граничные и начальные условия. Фундаментальные решения линейного волнового уравнения Гельмгольца в декартовой, цилиндрической и сферической системе координат.

8.2 . Волны в ограниченных областях (волноводы и резонаторы). Моды открытого резонатора лазеров.

9. Нелинейные волны.

9.1 Ударная волна. Моделирование поверхностных волн.

9.2 Уединенные волны. Солитонные решения. Уравнение Кордевега.

10. Простейшие задачи квантовой механики.

Уравнение Шредингера. Собственные функции и собственные значения для одномерных стационарных задач.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Примерный перечень лабораторных работ

1. Стационарное поле температур.
2. Электростатические поля и их расчет.
3. Процессы теплопередачи, описание и моделирование.
4. Волновые процессы и волновое уравнение.
5. Простейшие задачи квантовой механики.

Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Отчет по индивидуальным заданиям КСР.
2. Отчет по лабораторным работам

Рекомендуемые темы индивидуальных заданий КСР.

1. Расчет магнитного поля вика с током.
2. Расчет магнитного поля соленоида конечной длины.
3. Расчет магнитного поля произвольной системы параллельных токов.
4. Движение частиц в неоднородном магнитном поле.
5. Фокусировка частиц в магнитном поле.
6. Стоячие волны на пластинке произвольной формы.
7. Моды открытого резонатора.
8. Распространение волн в неоднородных средах.
9. Опрокидывание волны.
10. Моделирование спутной волны.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Г. Гулд, Д.Тоболчник Компьютерное моделирование в физике. М.: Мир. 1990г.
2. Попов Ю. П., Самарский А.А. Вычислительный эксперимент. М. Знание, 1983.
3. А.А. Самарский, А.П. Михайлов. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. - М., Наука. 2002 г.
4. Коробейников В. П.. Математическое моделирование катастрофических явлений. М. Знание, 1986
5. В. И. Арнольд. Теория катастроф. М.: Наука, 1990, 128 с.
6. Никитин А.В. Слободянюк А,И. Шишаков В.В. Компьютерное моделирование в физике. М. «Бином. Лаборатория знаний», 2011 г.
7. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: Учебное пособие. Москва, Наука, 1989.
8. Крылов В. И., Бобков В. В., Монастырский П. И. Вычислительные методы высшей математики. Том 1-2. Минск, Высшая Школа, 1972, 1975
9. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - 4-е изд. - М.: Наука, 1970.

Дополнительная

1. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач: Учебное пособие. Москва, Наука, 1986
2. Самарский А. А. Теория разностных схем: Учебное пособие. Москва, Наука, 1983.
3. Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. Численные методы в задачах и примерах. - М.: «Высшая школа», 2000