

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

2012

Методы математической физики: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / А.Л. Магазинников; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2012. - 12 с.

Самостоятельная работа направлена на углубление знаний дисциплины и предполагает обобщение изучаемых тем, а темы для самостоятельной проработки обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи, возникающие при внедрении передовых технологий в производстве. Отдельные фрагменты тем могут составлять предмет научных исследований.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Фотоника и оптоинформатика» по дисциплине «Методы математической физики».

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
« ____ » _____ 2012 г.

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе
для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика»

Разработчик
канд. ф.-м., наук, доц. каф.ЭП
_____ А.Л. Магазинников
« ____ » _____ 2012 г

Содержание

Введение.....	5
Раздел 1. Моделирование физических процессов	5
Раздел 2. Основные уравнения математической физики. Уравнение теплопроводности. Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач.	5
Раздел 3. Основные уравнения математической физики. Волновое уравнение	6
Раздел 4. Численные методы решения краевых и нестационарных задач. Основные уравнения математической физики. Уравнение Пуассона. Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа. Специальные функции.....	6
5 Лабораторные работы.....	6
6 Практические занятия.....	8
Заключение	8
Рекомендуемая литература	10

Введение

Цель преподавания дисциплины: формирование у студентов представлений об основах математического аппарата изучения физических полей – одного из центральных объектов современной физики и техники, находящего широкое применение при изучении математических моделей в научных и прикладных задачах.

Задачи изучения дисциплины

В результате изучения данной дисциплины студенты должны получить навыки математического моделирования реальных (в первую очередь физических) процессов на основе краевых задач для уравнений в частных производных.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать основные представления об уравнениях с частными производными, законы сохранения как основу модельного описания физического процесса.
- уметь моделировать реальные (в первую очередь физические) процессы как краевые задачи для уравнений в частных производных.
- владеть методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач.

Раздел 1. Моделирование физических процессов

Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП). Определение УЧП. Порядок уравнения. Особенности решения УЧП. Понятие о полной и неполной системе уравнений в частных производных. Линейные и квазилинейные уравнения. Понятие о краевых задачах математической физики. Основные уравнения математической физики. Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных. Законы сохранения как основа модельного описания физического процесса.

Раздел 2. Основные уравнения математической физики. Уравнение теплопроводности. Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач.

Вывод одномерной математической модели теплопроводности на основе закона сохранения энергии и закона Фурье. Необходимость граничных условий (ГУ) и начальных условий (НУ). Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля. Метод интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования. Ядро преобразования. Схема алгоритма решения задачи методом интегральных преобразований. Прямое и обратное преобразование. Виды интегральных преобразований. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент

Раздел 3. Основные уравнения математической физики. Волновое уравнение

Волновое уравнение. Формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Акустическая интерпретация. Граничные условия для акустических волн. Уравнение Гельмгольца. Уравнения теории упругости. Уравнения упругих колебаний.

Раздел 4. Численные методы решения краевых и нестационарных задач. Основные уравнения математической физики. Уравнение Пуассона. Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа. Специальные функции.

Численные и приближенные методы решения УЧП. Сравнение аналитических решений с численными решениями. Понятия аналитического и численного решений. Преимущества численных решений. Метод конечных разностей.

Математическое моделирование электрических процессов. Уравнения Максвелла. Уравнение Пуассона. Обобщенные функции и их свойства. Сингулярные обобщенные функции, дельта-функция Дирака. Фундаментальные решения для уравнений математической физики. Метод функции Грина. Построение функций Грина. Нелинейные волновые уравнения. Уравнение Кортевега-де Фриза. Солитоны.

5 Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их.

Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и обработка результатов.

Вступительный этап включает анализ полученного индивидуального задания, изучение рекомендуемых литературных источников по теме задания, знакомство с приборами, методами и схемами измерений. Исходя из возможностей лабораторного оборудования и условий индивидуального задания, выбирается и обосновывается метод проведения эксперимента, составляется методика и программа выполнения работы. В процессе самостоятельной подготовки к лабораторной работе каждый студент ведет черновик отчета, куда вносятся:

- методика проведения работы;
- формулы и предполагаемые графики.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля,

относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению эксперимента.

Помимо домашней работы студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

Прежде чем, приступить к систематическим измерениям, необходимо убедиться, что Вы знаете, как работает прибор, какая взаимосвязь между отдельными элементами установки, т.е. что чем регулируется. Разобраться в этом вопросе студенту поможет внимательное чтение инструкций, описаний приборов и частных методических указаний.

В каждом эксперименте очень важно сразу же записывать все сделанное. Все результаты измерений следует записывать немедленно и без какой-либо обработки. Не проводите никаких, даже самых простых, арифметических расчетов в уме, прежде чем записать результат измерения. Пересчет показаний прибора в истинное значение измеряемой величины выполняется в процессе обработки результатов измерений. При проведении и записи измерений хорошо проверить то, что Вы записали, взглянуть еще раз на прибор.

Все записи необходимо датировать и снабжать заголовками.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным, составленным по установленной форме, и содержать следующие разделы: наименование работы; цель работы; индивидуальное задание; применяемая аппаратура; таблицы данных измерений; итог обработки результатов и расчетные формулы; графики; анализ результатов. Анализ результатов является важной частью отчета.

Здесь нужно привести:

- сопоставление с другими аналогичными результатами, если они имеются, с обязательной ссылкой на литературный источник;
- сопоставление с соответствующими теориями.

Таким образом, отчет студента должен представлять собой пусть небольшую, но законченную работу, хорошо оформленную и грамотно изложенную.

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Решение уравнений в частных производных гиперболического типа
2. Моделирование параболических уравнений в частных производных по схеме Кранка–Николсона
3. Решение дифференциальных уравнений эллиптического типа
4. Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности

6 Практические занятия

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы. Темы практических занятий приведены ниже:

1. Классификация линейных уравнений второго порядка
2. Приведение линейных уравнений второго порядка к канонической форме
3. Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами
4. Нахождение общего решения линейного однородного уравнения 1-го порядка.
5. Краевая задача для однородного уравнения теплопроводности.
6. Краевая задача для однородного волнового уравнения.
7. Краевая задача для неоднородного волнового уравнения.
8. Формула Даламбера решения задачи Коши для волнового уравнения
9. Краевые задачи для уравнения Лапласа
10. Уравнение Лапласа в цилиндрических координатах. Решение задачи Дирихле для кольца
11. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в круге
12. Численные методы решения задач по уравнениям математической физики

Заключение

В итоге изучения тем студент должен, как минимум знать

следующие вопросы:

1. Общий вид линейного дифференциального уравнения второго порядка.
2. Процесс разделения переменных в случае одномерного уравнения теплопроводности с двумя независимыми переменными.
3. Какие физические процессы описывает гиперболическое уравнение
4. Какое уравнение называется однородным линейным дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка? Приведите примеры таких уравнений.
5. Выполните процесс разделения переменных в случае уравнения с двумя независимыми переменными. Что такое параметр разделения?
6. Какое уравнение называется уравнением параболического типа? Приведите примеры.
7. Напишите общий вид уравнения колебаний.
8. Выполните процесс разделения переменных в случае уравнения с тремя независимыми переменными; сколько параметров разделения мы будем иметь в этом случае?
9. Какие физические процессы описывает параболическое уравнение?
10. Выведите уравнение теплопроводности.
11. Выполните процесс разделения переменных в случае одномерного волнового уравнения с двумя независимыми переменными.
12. Какое уравнение называется уравнением эллиптического типа? Приведите примеры.
13. Сформулируйте краевые задачи для уравнения теплопроводности.
14. Выполните процесс разделения переменных в случае уравнения Лапласа в декартовых координатах.
15. Напишите каноническую форму уравнения гиперболического типа.
16. Какое уравнение называется уравнением гиперболического типа? Приведите примеры.
17. Сформулируйте условия Дирихле.
18. Какие физические процессы описывает эллиптическое уравнение?
19. Что такое начальные и граничные условия? С чем связана необходимость в постановке дополнительных условий? Приведите примеры.
20. К какому типу уравнений относится уравнение Лапласа? Пуассона?

Студент должен уметь:

1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин

в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

2. Выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

3. Решать уравнения в частных производных методом разделения переменных

4. Моделировать физические процессы с помощью уравнений в частных производных.

Студент должен владеть:

1. Методами аналитического решения уравнений в частных производных.

2. Методами численного решения уравнений в частных производных.

3. Особенности решения уравнений теплопроводности.

4. Приемами моделирования физических задач с помощью уравнений в частных производных.

Рекомендуемая литература

Мышкис А.Д. Лекции по высшей математике. – СПб.: Изд-во "Лань" , 2009. – 688 с. 6-е изд., испр .ISBN: 978-5-8114-0572-5

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=281

Ушаков В. М. Методы математической физики: Курс лекций / В. М. Ушаков, Ю. В. Гриняев, С. В. Тимченко, Л. Л. Миньков. - 1-е изд. - Томск : ТМЦ ДО, 2003. – 144 с.

Будак Б. М. Сборник задач по математической физике: Учебное пособие для вузов / Б. М. Будак, А. А. Самарский, А. Н. Тихонов. - 4-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2004. - 688 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2122

Ильин А. М. Уравнения математической физики: Учебное пособие для вузов / А. М. Ильин. - 1-е изд. - М. : Физматлит, 2009. - 192 с. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2181

Магазинников Л.И. Высшая математика III. Функции комплексного переменного. Ряды. Интегральные преобразования: Учебное пособие / Л. И. Магазинников. - 2-е изд. - Томск : ТМЦ ДО, 2002. – URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2258>

Емельянов В. М. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач [Электронный ресурс] / Емельянов В. М., Рыбакина Е. А. - 1-е изд. - М. : Лань, 2008. - 224 с. – http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=140

Перечень методических указаний (УМП)

Решение уравнений в частных производных гиперболического типа: методические указания к лабораторной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства» / П.П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2012. - 11 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Моделирование параболических уравнений в частных производных по схеме Кранка–Николсона: методические указания к лабораторной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства» / П.П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2012. - 9 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Решение дифференциальных уравнений эллиптического типа: методические указания к лабораторной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства» / П.П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2012. - 12 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Пространственные солитоны в керровской среде с насыщением нелинейности: методические указания к лабораторной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства» / А.Л. Магазинников. - Томск: ТУСУР, 2012. - 21 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Методы математической физики: методические указания к практическим занятиям для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» и «Электроника и микроэлектроника» (специальность «Электронные приборы и устройства» / П.П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2012. - 31 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>

Учебное пособие

Магазинников А.Л.

Методы математической физики

Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе

Усл. печ. л. _____. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40