

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Численные методы решения нестационарных задач математической физики Б1.В.ДВ.11

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Глазырина Л.Л.

Рецензент(ы):

Павлова М.Ф.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Глазырина Л.Л. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики ,
Ludmila.Glazyrina@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

В этом курсе изучаются основы теории разностных схем для нелинейных нестационарных задач математической физики. Студенты учатся применять ее для исследования устойчивости и сходимости разностных схем для основных классов нестационарных задач математической физики.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.11 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.04 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Данная дисциплина читается на 3 курсе в 6 семестре для бакалавров, обучающихся по направлению 'Прикладная математика и информатика'.

Изучение основывается на результатах изучения дисциплин 'Уравнения математической физики', 'Дифференциальные уравнения,' 'Математический анализ,' 'Численные методы'.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	Способность использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования
ПК-10 (профессиональные компетенции)	Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов
ПК-12 (профессиональные компетенции)	Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальной математики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

По окончании курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных нестационарных математической физики.

2. должен уметь:

По окончании курса студенты должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине.

3. должен владеть:

По окончании курса студенты должны демонстрировать способность и готовность применять полученные знания для решения нелинейных нестационарных задач прикладного характера.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

По окончании курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных нестационарных математической физики; должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине; должны демонстрировать способность и готовность применять полученные знания для решения нелинейных нестационарных задач прикладного характера.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Примеры нестационарных уравнений математической физики	6	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Разностные схемы для уравнения переноса.	6	2	4	0	0	
3.	Тема 3. Разностные схемы для одномерных уравнений теплопроводности с постоянными коэффициентами.	6	3	6	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Разностные схемы для уравнений теплопроводности с несколькими пространственными переменными.	6	4,5	4	0	0	
5.	Тема 5. Разностные схемы для уравнения колебаний однородной струны.	6	6	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
6.	Тема 6. Однородные разностные схемы для уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.	6	7,8	4	0	0	Научный доклад
7.	Тема 7. Консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений теплопроводности.	6	14,15	4	0	0	Научный доклад
8.	Тема 8. Трехслойные разностные схемы для гиперболических уравнений.	6	16,17	6	0	0	
9.	Тема 9. Консервативные разностные схемы нестационарной газовой динамики.	6	17,18	4	0	0	Творческое задание
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Примеры нестационарных уравнений математической физики

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Рассматриваются задачи для уравнений параболического и гиперболического типов, описывающие процессы теплопроводности, продольных колебаний стержня, малых колебаний струны. Вывод уравнений теплопроводности в случае сосредоточенного источника тепла, сосредоточенной теплоемкости, сосредоточенной массы, составного стержня

Тема 2. Разностные схемы для уравнения переноса.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Разностные схемы с весами для уравнений первого порядка. Уравнение переноса. Явные схемы для задачи Коши. Исследование погрешности аппроксимации. Краевая задача для уравнения переноса. Семейство разностных схем с весами. Исследование погрешности аппроксимации. Исследование устойчивости по начальным данным.

Тема 3. Разностные схемы для одномерных уравнений теплопроводности с постоянными коэффициентами.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Разностные схемы с весами для уравнений второго порядка. Исследование погрешности аппроксимации для разностных схем с весами для уравнений второго порядка. Устойчивость по начальным данным. Устойчивость по правой части. Метод энергетических неравенств. Сходимость разностных схем. Трехслойные разностные схемы.

Тема 4. Разностные схемы для уравнений теплопроводности с несколькими пространственными переменными.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Явная двухслойная разностная схема. Условная устойчивость явной схемы. Явная трехслойная разностная схема: схема Ричардсона. Схемы с весами. Вычисление погрешности аппроксимации. Схема повышенного порядка аппроксимации. Методы решения: метод переменных направлений, экономичные факторизованные схемы.

Тема 5. Разностные схемы для уравнения колебаний однородной струны.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Разностные схемы с весами. Аппроксимация начальных условий. Аппроксимация краевых условий второго и третьего рода. Вычисление погрешности аппроксимации. Построение разностной схемы повышенной погрешности аппроксимации. Исследование устойчивости по начальным данным. Метод энергетических неравенств исследования устойчивости.

Тема 6. Однородные разностные схемы для уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Построение однородной разностной схемы интегро- интерполяционным методом. Явная разностная схема. Неявная разностная схема. Методы решения схем. Схема с весами. Вычисление погрешности аппроксимации. Исследование устойчивости методом энергетических неравенств. Исследование сходимости разностных схем.

Тема 7. Консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений теплопроводности.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

С помощью метода сумматорных тождеств строятся консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений с условиями Дирихле на границе. С помощью метода сумматорных тождеств строятся консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений с условиями Неймана на границе. Итерационные методы решения: метод Ньютона, метод с опусканием нелинейности на нижнюю итерацию.

Тема 8. Трехслойные разностные схемы для гиперболических уравнений.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Рассматриваются уравнения колебаний пластины. Строятся трехслойные схемы с весами. Исследуются разрешимость и сходимость трёхслойной разностной схемы для гиперболического уравнения с условиями Дирихле на границе. Исследуются разрешимость и сходимость трёхслойной разностной схемы для гиперболического уравнения с условиями Неймана на границе.

Тема 9. Консервативные разностные схемы нестационарной газовой динамики.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Вывод уравнения одномерной газовой динамики. Уравнение с псевдовязкостью. Построение консервативной однородной разностной схемы интегро-интерполяционным методом. Построение полностью консервативной разностной схемы. Схема "крест". Методы решения разностных схем. Метод Ньютона. Исследование сходимости метода Ньютона.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семе-стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Разностные схемы для одномерных уравнений теплопроводности с постоянными коэффициентами.	6	3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Однородные разностные схемы для уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.	6	7,8	подготовка к научному докладу	4	Научный доклад
7.	Тема 7. Консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений теплопроводности.	6	14,15	подготовка к научному докладу	6	Научный доклад
9.	Тема 9. Консервативные разностные схемы нестационарной газовой динамики.	6	17,18	подготовка к творческому заданию	6	Творческое задание
	Итого				18	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лекционных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение теоретических знаний и практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если это возможно, перевыполнять план. Тогда всегда будет резерв времени.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Примеры нестационарных уравнений математической физики

Тема 2. Разностные схемы для уравнения переноса.

Тема 3. Разностные схемы для одномерных уравнений теплопроводности с постоянными коэффициентами.

устный опрос , примерные вопросы:

Студентам предлагается для уравнения переноса с постоянными коэффициентами построить устойчивую разностную схему. С помощью численного эксперимента убедиться в ее устойчивости.

Тема 4. Разностные схемы для уравнений теплопроводности с несколькими пространственными переменными.

Тема 5. Разностные схемы для уравнения колебаний однородной струны.

Тема 6. Однородные разностные схемы для уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами.

Научный доклад, примерные вопросы:

Тема докладов: 1. Разностные схемы для уравнения теплопроводности с сосредоточенным источником. 2. Разностные схемы для уравнения теплопроводности с сосредоточенной теплоемкостью. 3. Разностные схемы для сферически-симметричных задач теплопроводности.

Тема 7. Консервативные разностные схемы для квазилинейных уравнений теплопроводности.

Научный доклад, примерные вопросы:

Тема доклада: 1. Аналитические решения для квазилинейного уравнения теплопроводности. 2. Неявные схемы для квазилинейного уравнения теплопроводности.

Тема 8. Трехслойные разностные схемы для гиперболических уравнений.

Тема 9. Консервативные разностные схемы нестационарной газовой динамики.

Творческое задание, примерные вопросы:

Для одномерного уравнения нестационарной газовой фильтрации построить полностью консервативную схему. Для модельной задачи решить разностную схему методом Ньютона. Разработать алгоритм. Составить программу его реализации. Исследовать сходимость метода.

Итоговая форма контроля

экзамен (в 6 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

Билет 1.

1. Схемы с весами для уравнение переноса.
2. Устойчивость по начальным данным схемы с весами для параболического уравнения с постоянными коэффициентами. Метод разделения переменных.

Билет 2.

1. Схемы с весами для уравнения параболического уравнения с постоянными коэффициентами.
2. Устойчивость по начальным данным схемы с весами для уравнения переноса. Метод разделения переменных.

Билет 3.

1. Неявная схема для параболического уравнения с постоянными коэффициентами.
2. Устойчивость по начальным данным схемы с весами для уравнения переноса. Метод энергетических неравенств.

Билет 4.

1. Схемы с весами для уравнения колебания струны.
2. Погрешность аппроксимации схем с весами для уравнение переноса.

Билет 5.

1. Схемы с весами для параболического уравнения с переменными коэффициентами. Метод баланса.
2. Погрешность аппроксимации схем с весами для уравнение колебания струны.

Билет 6.

1. Схемы с весами для гиперболического уравнения с переменными коэффициентами.
2. Устойчивость по начальным данным схемы с весами для уравнения колебания струны. Метод разделения переменных.

Билет 7.

1. Аппроксимация краевых условий третьего рода для уравнения теплопроводности.
2. Устойчивость по начальным данным схемы с весами для уравнения колебания струны. Метод энергетических неравенств.

Билет 8.

1. Монотонные схемы для параболического уравнения общего вида.
2. Погрешность аппроксимации схем с весами для гиперболического уравнения.

Билет 9.

1. Явная схема для квазилинейного параболического уравнения.
2. Устойчивость разностных схем с весами для гиперболического уравнения.

Билет 10.

1. Неявные разностные схемы для квазилинейного параболического уравнения.
2. Погрешность аппроксимации разностных схем с весами для гиперболического уравнения.

Билет 11.

1. Консервативные однородные схемы для уравнений нестационарной газовой динамики.
2. Устойчивость и сходимость схем с весами для задачи теплопроводности.

Билет 12.

1. Схемы с весами для гиперболического уравнения с переменными коэффициентами.
2. Итерационные методы решения нелинейных разностных схем.

Билет 13.

1. Монотонные схемы для параболического уравнения общего вида.
2. Погрешность аппроксимации схем с весами для гиперболического уравнения.

Билет 14.

1. Схемы с весами для уравнение переноса.
2. Неявные разностные схемы для квазилинейного параболического уравнения. Методы решения.

Билет 15

1. Схемы с весами для параболического уравнения с переменными коэффициентами. Краевые условия третьего рода. Метод баланса.
2. Погрешность аппроксимации схем с весами для уравнение колебания струны.

7.1. Основная литература:

1. Карчевский, М.М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.М. Карчевский, М.Ф. Павлова. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 276 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72983>
2. Глазырина Л. Л. Введение в численные методы: учебное пособие / Л. Л. Глазырина, М. М. Карчевский; Казан. федер. ун-т.- Казань: Казанский университет, 2012.- 121, [1] с. Режим доступа: http://repository.kpfu.ru/?p_id=47327

3. Лекции по численным методам математической физики: Учебное пособие / М.В. Абакумов, А.В. Гулин; МГУ им. М.В. Ломоносова - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 158 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006108-5 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=364601>

4. Зализняк, В. Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 174 с. - ISBN 978-5-7638-2498-8. Режим доступа: <http://www.znanium.com/go.php?id=441232>

7.2. Дополнительная литература:

1. Амосов, А.А. Вычислительные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченкова. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 672 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42190>

2. Карчевский, М.М. Лекции по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.М. Карчевский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 164 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72982>

3. Треногин, В.А. Уравнения в частных производных [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Треногин, И.С. Недосекина. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2013. - 228 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59744>

7.3. Интернет-ресурсы:

Глазырина Л. Л.. Введение в численные методы: учебное пособие / Л. Л. Глазырина, М. М. Карчевский; Казан. федер. ун-т. - Казань: Казанский университет, 2012. - 121, [1] с.: ил.; 21. - Библиогр. в конце кн. (3 назв.). - http://repository.kpfu.ru/?p_id=47327

Зализняк, В. Е. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Зализняк, Г. И. Щепановская. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 174 с. - ISBN 978-5-7638-2498-8. - <http://www.znanium.com/go.php?id=441232>

Калиткин Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. ? 2-е изд., исправленное. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 586 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0500-0. - ISBN 978-5-9775-0500-0. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350803>

Карчевский М.М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы : Учебное пособие. - 2-е изд., доп. / М. М. Карчевский, М. Ф. Павлова. -- СПб.: Издательство 'Лань', 2016. - 276 с. ; 21. - Библиогр.: с. 271-274 (53 назв.). - Предм. указ.: с. 268-270. - <https://e.lanbook.com/reader/book/72983/#1>

Лекции по численным методам математической физики: Учебное пособие / М.В. Абакумов, А.В. Гулин; МГУ им. М.В. Ломоносова - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 158 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-006108-5, 500 - <http://znanium.com/bookread.php?book=364601>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Численные методы решения нестационарных задач математической физики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки Математическое моделирование .

Автор(ы):

Глазырина Л.Л. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Павлова М.Ф. _____

"__" _____ 201__ г.