

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Численные методы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.01 - Математика

Направленность образовательной программы

Математика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.29 Численные методы относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-4: Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать передовой отечественный и международный опыт в математической и информационной области исследований	<p>ПК-4.1: Знает методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в математической и информационной области исследований</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять новые достижения в области научно-технической информации</p> <p>ПК-4.3: Владеет навыками решения задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач</p>	<p>ПК-4.1: Знает как создавать и грамотно использовать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов. Как применять численные методы для решения прикладных задач.</p> <p>ПК-4.2: Умеет самостоятельно создавать и грамотно использовать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов. Умеет применять численные методы для решения прикладных задач.</p> <p>ПК-4.3: Владеет навыками: самостоятельно создавать и грамотно использовать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, как применять численные методы для решения прикладных задач.</p>	Опрос	<p>Зачёт: Задачи</p> <p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	3
самостоятельная работа	85
Промежуточная аттестация	36 Экзамен, Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Тема 1. Теория погрешностей. Основы теории погрешностей, классификация погрешностей, источники погрешностей. Абсолютная и относительные погрешности. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. Оценка погрешности методами интервальной математики.	7	2	2	4	3
Тема 2. Интерполирование функции. Общая задача интерполирования, чебышевская система функций. Интерполяционный полином Лагранжа, методическая погрешность. Полином Чебышева. Интерполяционный полином Ньютона. Задача кратного интерполирования, полином Эрмита. Интерполирование функций многих переменных, особенности задачи. Понятие сплайна, интерполирование сплайнами.	15	4	4	8	7
Тема 3. Аппроксимация функции. Аппроксимация функций в метрических пространствах. Наилучшие приближения в линейных нормированных пространствах, существование элемента наилучшего приближения. Наилучшие приближения непрерывных функций. Метод наименьших квадратов. Полиномы Бернштейна. Приближение функций в гильбертовых пространствах. Приближение алгебраическими многочленами, тригонометрическими многочленами, рациональными многочленами.	15	4	4	8	7
Тема 4. Численное дифференцирование. Численное дифференцирование,	13	4	4	8	5

анализ полной погрешности формул численного дифференцирования. Некорректность операции численного дифференцирования. Понятие аппроксимации оператора дифференцирования..					
Тема 5. Численное интегрирование . Вычисление определенного интеграла. Вывод формул (с оценкой методической погрешности): прямоугольников, трапеций, Симпсона. Составные квадратурные формулы: трапеций, Симпсона. Оценка погрешности. Квадратурные формулы. Основные понятия: коэффициенты, узлы, методическая погрешность квадратурной формулы. Весовая функция. Алгебраическая степень точности. Интерполяционная квадратурная формула. Теорема об алгебраической степени точности интерполяционной квадратурной формулы. Формулы Ньютона–Котеса. Практические способы оценки погрешности составных квадратурных формул. Квадратурные формулы Гаусса. Теоремы об алгебраической степени точности, узлах квадратурной формулы, о коэффициентах квадратурной формулы, наивысшем порядке точности и методической погрешности. Алгоритм построения квадратурных формул Гаусса. Вычисление несобственных интегралов..	12	4	4	8	4
Тема 6. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ): методы Гаусса и Жордана, LU-метод, квадратного корня, метод простой итерации, метод Зейделя, метод верхних релаксаций. Применение к задаче построения обратной матрицы. Приведение произвольной СЛАУ к виду, пригодному для применения метода простой итерации. Метод прогонки решения систем с трехдиагональной матрицей. Число обусловленности СЛАУ, его свойства. Особенности реализации методов на компьютере. Вариационные методы решения СЛАУ	20	6	6	12	8
Тема 7. Проблема собственных значений матрицы. Наибольшее и наименьшее собственное значение матрицы. Собственные вектора.	12	4	4	8	4
Тема 8. Решение нелинейных уравнений и систем. Методы решения скалярных уравнений: метод итераций, метод Чебышева, метод Ньютона, метод хорд, метод обратной интерполяции. Метод Ньютона решения нелинейных систем уравнений. Итерационные методы	19	6	6	12	7
Тема 9. Теория разностных уравнений. Классификация уравнений. Решение уравнений первого, второго порядка. Фундаментальное решение. Устойчивость решения к малым возмущениям.	12	4	4	8	4
Тема 10. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Численные методы решения задачи Коши. Основные понятия: методическая погрешность, полная погрешность, локальная погрешность. Одношаговые и многошаговые методы. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость.	12	4	4	8	4
Тема 11. Методы Рунге–Кутты. Порядок точности. Число этапов. Вывод расчетных схем второго и третьего порядков точности. Сходимость метода Рунге–Кутты. Практические способы оценки локальной погрешности метод Рунге. Методы Рунге–Кутты с автоматическим выбором шага вложенные методы. Многошаговые методы. Методы Адамса. Вывод расчетных формул: двух- и трехшаговых методов. Устойчивость разностных схем. Численное интегрирование жестких систем. Методы Гира	24	8	8	16	8
Тема 12. Численные методы решения краевых задач для. Постановка задачи. Интегро-интерполяционный метод построения краевой разностных задач. Устойчивость разностной задачи. Метод прогонки, метод стрельбы, метод скорейшего спуска.	14	4	4	8	6
Тема 13. Разностные методы решения начально-краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Аппроксимация дифференциального оператора сеточными операторами. Построение РС методом неопределенных коэффициентов. Явные и неявные РС для уравнений первого порядка. РС с весами для уравнения теплопроводности, решение РС для уравнения теплопроводности. РС для уравнений гиперболического типа. Принцип максимума и следствия из него. Теоремы о монотонности, мажоранте, оценке решения сеточного	22	6	6	12	10

уравнения через его правую часть.					
Тема 14. Разностные методы решения граничных задач для дифференциальных уравнений в частных производных. РС задачи Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка. Принцип максимума и следствия из него.	16	4	4	8	8
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	252	64	64	131	85

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Элементарная теория погрешностей. Различные виды представления числа в компьютере. Классификация погрешностей. Операции с погрешностями. Умение решать численные примеры.
2. Постановка общей задачи интерполирования. (Общая постановка задачи интерполяции, полиномы Ньютона, Эрмита, тригонометрические интерполяционные полиномы, приближение рациональными функциями.)
3. Интерполяционный полином Лагранжа.
4. Многочлены Чебышева. Экономизация рядов.
5. Интерполирования сплайнами.
6. Интерполирование параметрически заданных кривых.
7. Задача о наилучшем приближении функции в гильбертовом пространстве.
8. Метод наименьших квадратов. (доп. сглаживание сеточных функций.)
9. Численное дифференцирование. (методы получения разностных производных, некорректность операции численного дифференцирования.)
10. Элементарные формулы численного интегрирования. (прямоугольников, трапеций, Симпсона, частичные и составные формулы погрешности и т.д.)
11. Априорные и апостериорные оценки погрешностей численного интегрирования.
12. Квадратурные формулы интерполяционного типа. (Квадратурные формулы Ньютона-Котесса. Симметричные формулы.)
13. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической точности.
14. Прямые методы решения СЛАУ. (Метод Гаусса с выбором главного элемента, LU- метод, метод квадратного корня.)
15. Обусловленность СЛАУ.
16. Итерационные методы решения СЛАУ.
17. Теоремы о сходимости итерационных методов решений СЛАУ.
18. Итерационные методы вариационного типа решения СЛАУ.
19. Проблема собственных значений матрицы.
20. Метод простой итерации решения нелинейного уравнения. (теорема о сходимости.)
21. Метод Ньютона решения нелинейного уравнения.
22. Интерполяционные методы решения нелинейных уравнений. (метод хорд, метод обратного интерполирования).
23. Итерационные методы решения системы нелинейных уравнений.
24. Теория разностных уравнений 1-го порядка.
25. Теория разностных уравнений 2-го порядка.
26. Метод решения краевой разностной задачи. Метод прогонки.
27. Понятие аппроксимации разностной задачей ОДУ, устойчивости решения разностной задачи, сходимости решения разностной задачи к решению ОДУ. (как в частном, так и в общем случае.)
28. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для ОДУ. (общая теория построения методов, примеры, реализация алгоритма с автоматическим выбором шага.)

29. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для ОДУ. (сходимость и устойчивость методов Рунге-Кутты.)
30. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ. (Классификация, построение, примеры.)
31. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ. (Устойчивость и сходимость.)
32. Теория устойчивости разностных схем задачи Коши.
33. Аппроксимация краевой задачи для ОДУ. (Интегро-интерпол. метод построения разностных схем.)
34. Аппроксимация краевой задачи для ОДУ. (метод неопределенных коэффициентов, методы решения задачи.)
35. Разностные схемы для уравнений переноса первого порядка. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, устойчивость.)
36. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, схемы предиктор-корректор, схемы с весами, устойчивость.)
37. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Канонический вид, принцип максимума, схемы с расщеплением.)
38. Разностные схемы для волнового уравнения. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, трехслойные схемы, схемы с весами, устойчивость.)
39. Разностная схема задачи Дирихле для уравнения Пуассона. (Аппроксимация, устойчивость, методы решения, канонический вид)
40. Принцип максимума для разностной схемы в каноническом виде.
41. Обобщенная теория разностных схем.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа, лабораторного типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, лабораторного типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет, экзамен).

Дополнительная литература:

Поршнев С.В. Вычислительная математика. Курс лекций СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 320 с:
ил. static.ozone.ru/multimedia/book_file/1007127161.pdf

Ляхов А.Ф., Петрова О.С. Аппроксимация функции методом наименьших квадратов:

Лабораторная работа. ННГУ, Н. Новгород. 2004. (Электронный вариант)

Григорьева Л.Г., Ляхов А.Ф. Сборник упражнений по обучению работе в пакете Matlab ННГУ, Н.Новгород, 2011.-20с. (более 20 экз. на кафедре ТКЭМ)

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Элементарная теория погрешностей. Различные виды представления числа в компьютере. Классификация погрешностей. Операции с погрешностями. Умение решать численные примеры.
2. Постановка общей задачи интерполирования. (Общая постановка задачи интерполяции, полиномы Ньютона, Эрмита, приближение рациональными функциями.)
3. Интерполяционный полином Лагранжа.
4. Многочлены Чебышева. Экономизация рядов.
5. Интерполирования сплайнами.
6. Задача о наилучшем приближении функции в линейном нормированном пространстве.
7. Метод наименьших квадратов. (доп. сглаживание сеточных функций.)
8. Численное дифференцирование. (методы получения разностных производных, некорректность операции численного дифференцирования.)
9. Элементарные формулы численного интегрирования. (прямоугольников, трапеций, Симпсона, частичные и составные формулы погрешности и т.д.)
10. Априорные и апостериорные оценки погрешностей численного интегрирования.
11. Квадратурные формулы интерполяционного типа. (Квадратурные формулы Ньютона-Котесса. Симметричные формулы.)
12. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической точности.
13. Прямые методы решения СЛАУ. (Метод Гаусса с выбором главного элемента, LU- метод, метод квадратного корня.)
14. Обусловленность СЛАУ.
15. Итерационные методы решения СЛАУ.
16. Теоремы о сходимости итерационных методов решений СЛАУ.
17. Итерационные методы вариационного типа решения СЛАУ.
18. Проблема собственных значений матрицы.
19. Метод простой итерации решения нелинейного уравнения. (теорема о сходимости.)
20. Метод Ньютона решения нелинейного уравнения.
21. Интерполяционные методы решения нелинейных уравнений. (метод хорд, метод обратного интерполирования).
22. Итерационные методы решения системы нелинейных уравнений.
23. Теория разностных уравнений 1-го порядка.
24. Теория разностных уравнений 2-го порядка.
25. Метод решения краевой разностной задачи. Метод прогонки.
26. Понятие аппроксимации разностной задачей ОДУ, устойчивости решения разностной задачи, сходимости решения разностной задачи к решению ОДУ. (как в частном, так и в общем случае.)

27. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для ОДУ. (общая теория построение методов, примеры, реализация алгоритма с автоматическим выбором шага.)
28. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для ОДУ. (сходимость и устойчивость методов Рунге-Кутты.)
29. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ. (Классификация, построение, примеры.)
30. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ. (Устойчивость и сходимость.)
31. Теория устойчивости разностных схем задачи Коши.
32. Аппроксимация краевой задачи для ОДУ. (метод неопределенных коэффициентов, методы решения задачи.)
33. Разностные схемы для уравнений переноса первого порядка. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, устойчивость.)
34. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, схемы предиктор-корректор, схемы с весами, устойчивость.)
35. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Канонический вид, принцип максимума, схемы с расщеплением.)
36. Разностные схемы для волнового уравнения. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, трехслойные схемы, схемы с весами, устойчивость.)
37. Разностная схема задачи Дирихле для уравнения Пуассона. (Аппроксимация, устойчивость, методы решения, канонический вид)

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

ения компет							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».

	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Вычислить произведение и определить погрешность вычислений, считая все цифры в записи сомножителей верными значащими в узком смысле. Округлить сомнительные цифры результата, оставив только верные знаки.

$$A = 8.9, B = 1.1, C = A \cdot B.$$

Ответ: $C = A \cdot B = 1 \cdot 10^1 \pm 0.76.$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Элементарная теория погрешностей. Различные виды представления числа в компьютере. Классификация погрешностей. Операции с погрешностями. Умение решать численные примеры.

2. Постановка общей задачи интерполирования. (Общая постановка задачи интерполяции, полиномы Ньютона, Эрмита, приближение рациональными функциями.)
3. Интерполяционный полином Лагранжа.
4. Многочлены Чебышева. Экономизация рядов.
5. Интерполирования сплайнами.
6. Задача о наилучшем приближении функции в линейном нормированном пространстве.
7. Метод наименьших квадратов. (доп. сглаживание сеточных функций.)
8. Численное дифференцирование. (методы получения разностных производных, некорректность операции численного дифференцирования.)
9. Элементарные формулы численного интегрирования. (прямоугольников, трапеций, Симпсона, частичные и составные формулы погрешности и т.д.)
10. Априорные и апостериорные оценки погрешностей численного интегрирования.
11. Квадратурные формулы интерполяционного типа. (Квадратурные формулы Ньютона-Котесса. Симметричные формулы.)
12. Квадратурные формулы наивысшей алгебраической точности.
13. Прямые методы решения СЛАУ. (Метод Гаусса с выбором главного элемента, LU- метод, метод квадратного корня.)
14. Обусловленность СЛАУ.
15. Итерационные методы решения СЛАУ.
16. Теоремы о сходимости итерационных методов решений СЛАУ.
17. Итерационные методы вариационного типа решения СЛАУ.
18. Проблема собственных значений матрицы.
19. Метод простой итерации решения нелинейного уравнения. (теорема о сходимости.)
20. Метод Ньютона решения нелинейного уравнения.
21. Интерполяционные методы решения нелинейных уравнений. (метод хорд, метод обратного интерполирования).
22. Итерационные методы решения системы нелинейных уравнений.
23. Теория разностных уравнений 1-го порядка.
24. Теория разностных уравнений 2-го порядка.
25. Метод решения краевой разностной задачи. Метод прогонки.
26. Понятие аппроксимации разностной задачей ОДУ, устойчивости решения разностной задачи, сходимости решения разностной задачи к решению ОДУ. (как в частном, так и в общем случае.)

27. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для ОДУ. (общая теория построение методов, примеры, реализация алгоритма с автоматическим выбором шага.)
28. Методы Рунге-Кутты решения задачи Коши для ОДУ. (сходимость и устойчивость методов Рунге-Кутты.)
29. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ. (Классификация, построение, примеры.)
30. Многошаговые разностные методы решения задачи Коши для ОДУ. (Устойчивость и сходимость.)
31. Теория устойчивости разностных схем задачи Коши.
32. Аппроксимация краевой задачи для ОДУ.(метод неопределенных коэффициентов, методы решения задачи.)
33. Разностные схемы для уравнений переноса первого порядка. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, устойчивость.)
34. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, схемы предиктор-корректор, схемы с весами, устойчивость.)
35. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. (Канонический вид, принцип максимума, схемы с расщеплением.)
36. Разностные схемы для волнового уравнения. (Построение схем на различных шаблонах, аппроксимация, трехслойные схемы, схемы с весами, устойчивость.)
37. Разностная схема задачи Дирихле для уравнения Пуассона. (Аппроксимация, устойчивость, методы решения, канонический вид)

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный.
отлично	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
очень хорошо	Ответ обнаруживает понимание студентом основного содержания учебного материала или допущены несущественные ошибки, которые могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	Ответ обнаруживает частичное понимание студентом основного содержания учебного материала или допущены несущественные ошибки, которые могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.
удовлетворительно	Ответ обнаруживает частичное непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.
неудовлетворительно	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.
плохо	Ответ обнаруживает полное непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Самарский Александр Андреевич. Численные методы : [учеб. пособие для вузов по специальности "Прикладная математика"]. - М. : Наука, 1989. - 429, [1] с. : ил. - ISBN 5-02-013996-3 (в пер.) : 1.20., 44 экз.
2. Бахвалов Н. С. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 632 с. : ил. - (Технический университет). - ISBN 5-94774-060-5 : 165.00., 45 экз.

Дополнительная литература:

1. Бахвалов Н. С. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 632 с. : ил. - (Технический университет). - ISBN 5-94774-060-5 : 165.00., 45 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Сайт [exponenta](http://matlab.exponenta.ru/) <http://matlab.exponenta.ru/>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную

информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.01 - Математика.

Автор(ы): Котов Василий Леонидович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.