

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Ивановский государственный химико-технологический университет»

Факультет химической техники и кибернетики

Кафедра высшей и прикладной математики

Утверждаю: проректор по УР

_____ Н.Р. Кокина

« » 2014 г.

Рабочая учебная программа дисциплины

Численные методы

Направление подготовки **27.03.04 Управление в технических системах**

Профиль подготовки

**Системы и средства автоматизации
технологических процессов**

Квалификация (степень)

Бакалавр

Форма обучения

очная

Иваново, 2014

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ** являются

- **овладение** системой математических знаний и умений, необходимых для применения в профессиональной деятельности, с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления, для изучения смежных дисциплин, продолжения образования;
- **интеллектуальное развитие**, формирование качеств личности, необходимых человеку для полноценной жизни в современном обществе: ясность и точность мысли, критичность мышления, интуиция, логическое мышление, элементы алгоритмической культуры, пространственных представлений, способность к преодолению трудностей;
- **формирование представлений** об идеях и методах математики как универсального языка науки и техники, средства моделирования явлений и процессов; методах оптимизации.
- **воспитание** культуры личности, отношения к математике как к части общечеловеческой культуры, понимание значимости математики для научно-технического прогресса.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

цикл, к которому относится дисциплина: дисциплина относится к естественнонаучному циклу (вариативная часть)

требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, необходимым для ее изучения: студент должен владеть обязательным минимумом содержания основной образовательной программы по математике для данного направления (математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексного переменного).

знать/понимать

- основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексного переменного;

уметь

- применять математические методы для решения практических задач;

владеть

- методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, дифференциального и интегрального исчисления, аналитической геометрии, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов
- *дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей:*
- Теория автоматического управления.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВПО):

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);
- способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-2);

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные понятия о погрешности и приближенных вычислениях;
- основные требования, предъявляемые к вычислительным схемам;

- корректность, устойчивость, сходимость;
- вычислительные методы в линейной алгебре;
 - математическую теорию обработки эксперимента;
 - методы и алгоритмы приближенного интегрирования и дифференцирования;
 - вычислительные схемы и алгоритмы решения обыкновенных дифференциальных уравнений;
 - приемы программирования для персональных ЭВМ (IBM - совместимых компьютеров)

Уметь:

- обоснованно выбрать численный метод, разработать алгоритм решения поставленной задачи;
- составить и отладить программу на алгоритмическом языке Паскаль для решения не-сложных инженерных задач.

Владеть:

- методами решения дифференциальных уравнений и систем с использованием преобразования Лапласа, оптимизационных задач для функции одной и нескольких переменных, методами дискретной математики и функционального анализа.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____ 5 _____ зачетных единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3			
Аудиторные занятия (всего)	85	85			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	34	34			
Практические занятия (ПЗ)	17	17			
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	34	34			
Самостоятельная работа (всего)	95	95			
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы	75	75			
Реферат	20	20			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экз	экз			
Общая трудоемкость час	180	180			
	зач. ед.	5			

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Линейная алгебра	1.1. Понятие о математическом и физическом моделировании. Основные виды математических моделей. Математическая теория погрешности. 1.2 Основные задачи линейной алгебры. Обратная матрица и способы её нахождения.
2.	Методы решения систем линейных алгебраических уравнений.	2.1. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод, использующий обратную матрицу. Частный случай - формулы Крамера. 2.2. Алгоритм метода Гаусса и его устойчивость. Иллюстрация прямого и обратного хода Гаусса. Модификация метода Гаусса — метод выбора главных элементов по столбцам. 2.3. Итерационные методы решения СЛАУ: простая итерация и метод Зейделя.
3	Приближенное решение одиночных нелинейных уравнений.	3.1. Приближенное решение алгебраических и трансцендентных уравнений. Постановка задачи. Основная теорема математического анализа. Метод деления отрезка пополам при определении изолированных интервалов и для уточнения изолированного корня. 3.2. Метод хорд, метод Ньютона и комбинированный метод. Алгоритмы и графическая иллюстрация.
4	Математическая обработка эксперимента. Интерполяция и аппроксимация.	4.1. Математическая обработка экспериментальных данных: интерполирование и аппроксимация функций. Общая постановка задачи. Постановка задачи интерполяции. Понятие конечных разностей. Линейная интерполяция с постоянным и переменным шагом. 4.2 Формула Лагранжа. Интерполяционные полиномы Ньютона. Понятие кубических сплайнов. 4.3. Аппроксимация функций одной переменной. Выбор вида приближающей функции. Метод средних и метод наименьших квадратов
5	Численное интегрирование	5.1. Численное интегрирование. Постановка задачи. Расчётные формулы метода прямоугольников и трапеций. 5.2. Вывод формулы Симпсона. Алгоритм Симпсона с автоматическим выбором шага. 5.3 Полином Лежандра. Формулы Гаусса при численном интегрировании.
6	Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.	6.1. Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши. Явные и неявные методы решения. Алгоритм Эйлера и проблема устойчивости вычислительных схем на его примере. Модификации метода Эйлера. 6.2. Общая схема построения методов Рунге – Кутты.

		Графическая и программная иллюстрация. Неявные методы Милна, Адамса, Гира. Особенности многошаговых алгоритмов. 6.3. Автоматизация выбора шага при численном интегрировании ОДУ. Особенности решения систем ОДУ выше перечисленными методами.
7	Приближенное решение дифференциальных уравнений с частными производными.	7.1 Классификация дифференциальных уравнений с частными производными: параболические, эллиптические и гиперболические уравнения. Граничные условия 1-го, 2-го и 3-го рода. Явные и неявные вычислительные схемы при решении уравнений параболического типа.

(Содержание указывается в дидактических единицах. По усмотрению разработчиков материал может излагаться не в форме таблицы)

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	...	...
1.	Теория автоматического управления		+	+		+	+	+		

5.3. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семин	СРС	Всего час.
1.	Линейная алгебра	4	2	4		6	16
2.	Методы решения систем линейных алгебраических уравнений	6	4	4		10	24
3.	Приближенное решение одиночных нелинейных уравнений	4		6		20	30
4.	Математическая обработка эксперимента. Интерполяция и аппроксимация.	6	2	6		16	30
5.	Численное интегрирование	6	4	4		12	26
6.	Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.	6	5	8		25	44
7	Приближенное решение дифферен-	2		2		6	10

	циальных уравнений с частными производными.						
--	---	--	--	--	--	--	--

6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1.	1	« Действия над матрицами и вычисление определителей»	10
2.	2	«Приближенное решение СЛАУ численным методом»	14
3	3	« Приближенное решение одиночных нелинейных уравнений численным методом»	30
4	4	«Математическая обработка экспериментальных данных»	22
5	5	«Вычисление определённых интегралов численными методами»	16
6	6	«Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем обыкновенных дифференциальных уравнений численными методами»	33
7	7	«Приближённое решению уравнений параболического типа по явным и неявным схемам»	10

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)
1.	1	1.1 Электронный табличный процессор Excel. Структура рабочей книги. Рабочий лист, ячейка, ввод данных. Создание простейших таблиц. Построение графиков функций. Форматы данных. Формулы и функции. Решение простых математических задач и задач матричной алгебры с помощью библиотеки функций. 1.2. Действия над матрицами и способы вычисления определителей, нахождение обратной матрицы.	6
2.	2	2.1. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом простой итерации и методом Зейделя. 2.2. Коллоквиум по теме: “Приближенное решение СЛАУ”.	10
3	4	4.1. Математическая обработка эксперимента. Линейная интерполяция. Аппроксимация. Метод наименьших квадратов.	8
4	5	5.1. Численное интегрирование. Вычисление интегралов по методам: прямоугольников, трапеций и Симпсона. 5.2. Контрольная работа по теме: “Численное интегри-	10

		рование, интерполяция и аппроксимация».	
5	6	6.1. Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем обыкновенных дифференциальных уравнений методом Эйлера. 6.2. Коллоквиум по теме: Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем обыкновенных дифференциальных уравнений	11

8. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовые проекты или работы по данной дисциплине не планируются

9. Образовательные технологии и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Чтение лекций по данной дисциплине проводится традиционно.

Рекомендуется: Использование мультимедийных презентаций по ряду тем во время лекций. Презентация позволяет хорошо иллюстрировать лекцию, демонстрировать поведение функций, визуализировать метод построения поверхностей и т.д. В течение лекции преподаватель постоянно ведет диалог со студентами, задавая и отвечая на вопросы.

При проведении практических занятий преподавателю рекомендуется не менее 1 часа из двух (50% времени) отводить на самостоятельное решение задач. Практические занятия целесообразно строить следующим образом:

1. Вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).
2. Беглый опрос.
3. Решение типовых задач у доски.
4. Самостоятельное решение задач.
5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

По результатам решения у доски и самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку. Оценка предварительной подготовки студента к практическому занятию может быть сделана путем экспресс-тестирования (например, математический диктант) в течение 5, максимум - 10 минут. Проверку и оценку осуществляют сами студенты с помощью преподавателя. Таким образом, при интенсивной работе можно на каждом занятии каждому студенту поставить по крайней мере две оценки.

По материалам модуля или раздела целесообразно выдавать студенту домашнее задание и на последнем практическом занятии по разделу или модулю подвести итоги его изучения (например, провести контрольную работу в целом по модулю), обсудить оценки каждого студента, выдать дополнительные задания тем студентам, которые хотят повысить оценку за текущую работу.

Рекомендуется: Применение тестового контроля на компьютерах как на практических занятиях, так и во время экзамена в качестве первого этапа.

Оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации содержатся в Методических указаниях

Зуева Г.А., Кулакова С.В., Малыгин А.А. Педагогические измерительные материалы по математике. Иваново ИГХТУ, 2008. 52 с. № 543.

При проведении лабораторного практикума необходимо создать условия для максимально самостоятельного выполнения лабораторных работ. Поэтому при проведении ла-

лабораторного занятия преподавателю рекомендуется:

1. Провести экспресс-опрос (устно или в тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы (с оценкой).
2. Проверить планы выполнения лабораторных работ, подготовленный студентом дома (с оценкой).
3. Оценить работу студента в лаборатории и полученные им данные (оценка).
4. Проверить и выставить оценку за отчет.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине преподавателю рекомендуется использовать следующие ее формы:

- подготовка и написание рефератов, докладов, очерков и других письменных работ на заданные темы;
- подготовка мультимедийных презентаций;
- выполнение домашних заданий разнообразного характера. Это - решение задач; подбор и изучение литературных источников; подбор иллюстративного и описательного материала по отдельным разделам курса в сети Интернет;
- выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы. Индивидуальное задание может получать как каждый студент, так и часть студентов группы;
- подготовка докладов исследовательского характера для выступления на научной студенческой конференции.

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

Всего по текущей работе студент может набрать 50 баллов, в том числе:

- лабораторные работы - 25 балла;
- практические занятия – 10 баллов;
- контрольные работы по модулю – всего 5 баллов;
- домашнее задание или реферат – 10 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 26 баллов. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет половину от максимального.

Для самостоятельной работы используются задания и задачи, приведенные в перечисленных ниже учебных пособиях:

1. Численные методы. Численные методы алгебры: метод. указания / сост. С.В. Кулакова; Иван. гос. хим.-технол. ун.-т.-Иваново, 2012. – 60 с. №357
2. Методы оптимизации: учеб. пособие / А.Зуева, С.В. Кулакова, Е.А. Петрова, А.А. Малыгин; Иван. гос. хим.-технол. ун.-т. – Иваново, 2010. – 80 с.

Электронные учебные ресурсы:

- Метод наименьших квадратов и его применение. Электронное учебное пособие.
Зуева Г.А., Кулакова С. В., Петрова Е.А. Иваново: ИГХТУ, 2009,
<http://www.isuct.ru/testlib/taxonomy/term/19ЭУ037/09>

Примерные темы рефератов:

1. Метод прогонки при решении СЛАУ.
2. Нахождение собственных значений матрицы.
3. Интерполяция с неравноотстоящими узлами.
4. Численное дифференцирование.
5. Метод Монте-Карло при численном интегрировании.
6. Метод Ньютона при решении нелинейного уравнения или системы уравнений.
7. Неявные методы Милна и Гира при решении ОДУ.
8. Численные методы оптимизации.

Комплект контрольно-измерительных материалов для текущего, промежуточного и итогового контроля

Контрольно-измерительные материалы по курсу содержатся в методических указаниях:
Зуева Г.А., Кулакова С.В., Малыгин А.А. Педагогические измерительные материалы по математике. Иваново ИГХТУ, 2008. 52 с. № 543.

Контроль знаний студентов на всех этапах осуществляется путем компьютерного тестирования. Выдаваемый каждому студенту индивидуальный тест включает порядка 20 заданий и генерируется с помощью специальной программы. Время проведения тестирования составляет, как правило, мин. Ниже приведены примеры Демо-версий тестов (первого этапа экзамена).

Примеры Демо-вариантов тестовых заданий для контроля учебных достижений студентов

Бланк заданий

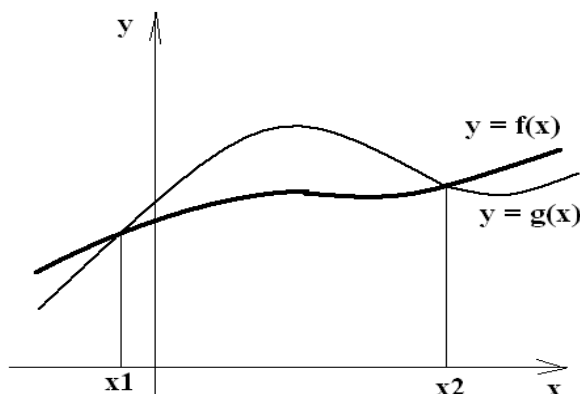
1. Какое требование является обязательным при построении интерполяционного многочлена Лагранжа:
А) узлы интерполяции располагаются на равном расстоянии друг от друга;
В) крайние узлы интерполяции совпадают с концами отрезка интерполирования;
С) количество точек интерполяции равно степени интерполяционного многочлена;
D) интерполяционный многочлен в узлах интерполяции принимает значения интерполируемой функции.
2. Пусть точное значение $A = 500$, а приближенное $a = 500,50$.
Относительная погрешность приближенного числа a равна:
А) 0,001 В) 0,01 С) 0,1 D) 0,5
3. Пусть дана система линейных алгебраических уравнений, у которой существует единственное решение. При использовании метода простой итерации для её решения в промежуточных вычислениях допущена ошибка. Тогда приближенное решение системы:
А) найти невозможно;
В) найти можно только если задано достаточно близкое к точному решению начальное приближение;

- С) найти можно только в случае, когда в матрице системы нет нулевых элементов;
 D) найти можно.

4. Какое из условий не является обязательным в определении интерполяционного кубического сплайна?

- A) первая производная на каждом частичном отрезке является полиномом степени не выше второй;
 B) вторая производная непрерывна на всем отрезке;
 C) третья производная непрерывна в точках «склейки»;
 D) значения сплайна заданы в нескольких точках.

5. Какое из следующих утверждений верно:



- A) функция $y = g'(x)$ приближает функцию $y = f'(x)$ в точке x_1 лучше, чем в точке x_2 ;
 B) функция $y = g'(x)$ приближает функцию $y = f'(x)$ в точке x_1 так же хорошо, как и в точке x_2 ;
 C) функция $y = g'(x)$ приближает функцию $y = f'(x)$ в точке x_1 хуже, чем в точке x_2 .

6. Пусть A – точное значение некоторой величины. Абсолютной погрешностью приближённого числа a называется:

- A) наименьшее доступное число Δa , не превосходящее $|A - a|$;
 B) наименьшее доступное число Δa , не меньшее $|A - a|$;
 C) наибольшее доступное число Δa , не меньшее $|A - a|$;
 D) наибольшее доступное число Δa , не превосходящее $|A - a|$.

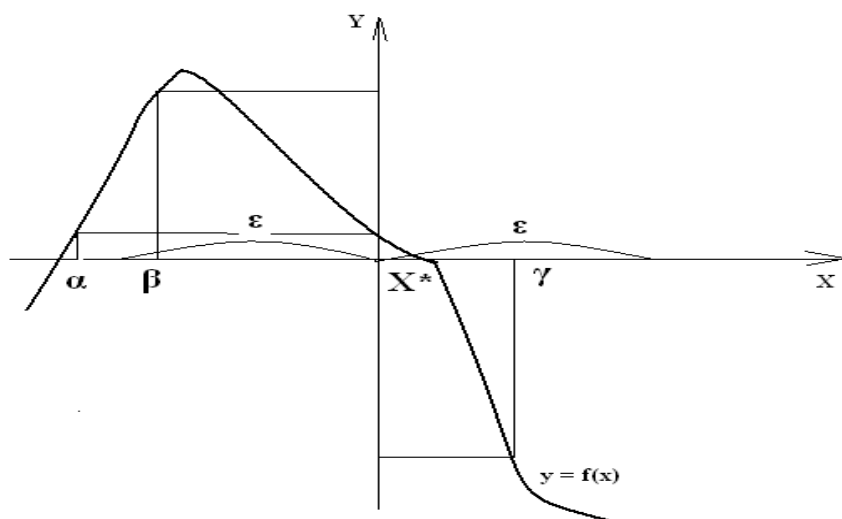
7. Какой из методов не относится к точным методам решения систем линейных уравнений?

- A) метод Гаусса; B) метод Зейделя; C) метод Крамера; D) метод прогонки.

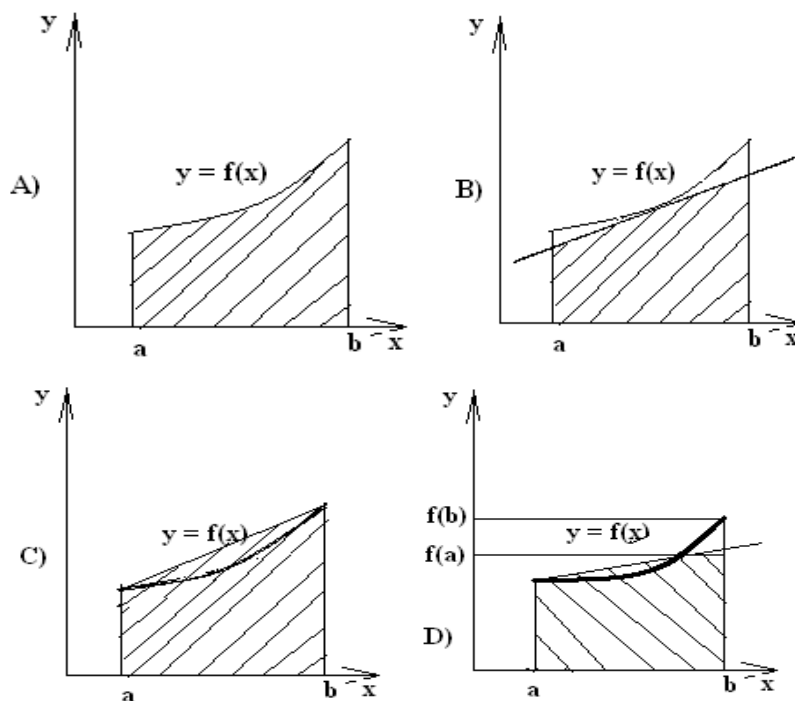
8. Пусть x^* - точный, а α , β , γ – приближённые корни уравнения $f(x) = 0$.

По рисунку определите, какая из точек является лучшим приближением к корню?

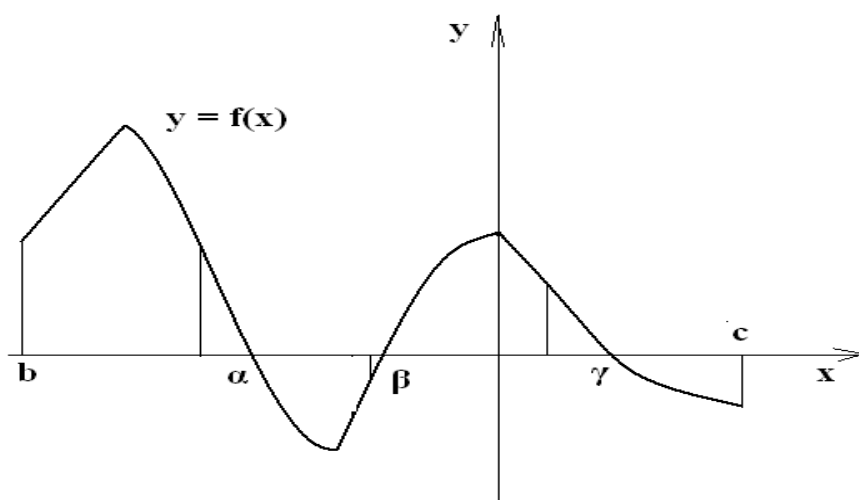
- A) α B) β C) γ



9. Какое из чисел не является приближением числа 1,67352 по недостатку:
 A) 1,6; B) 1,67; C) 1, 674; D) 1,6735.
10. Какую из функций нельзя построить по 20 точкам?
 A) интерполяционный кубический сплайн;
 B) многочлен пятой степени, дающий наилучшее приближение по методу наименьших квадратов;
 C) алгебраический полином степени не выше 19;
 D) единственный интерполяционный многочлен степени 20.
11. Какой рисунок соответствует геометрической интерпретации метода трапеций численного интегрирования?



12. Уравнение $f(x) = 0$ на отрезке $[b; c]$ имеет три корня α , β , γ . Пользуясь рисунком, определите, какой корень получится в результате применения метода половинного деления? A) α B) β C) γ D) ответить нельзя



13. При замене краевой задачи сеточной используются формулы:

- A) интерполирования многочленами;
- B) численного интегрирования;
- C) численного дифференцирования;
- D) приближения по методу наименьших квадратов.

14. Определите количество значащих цифр в числе 0,000012305613

- A) 3;
- B) 7;
- C) 8;
- D) 12.

15. Является ли матрица $\begin{pmatrix} 2 & -0.2 & 0.3 & 0.4 \\ 0.3 & -3 & 1 & -1.4 \\ 0.7 & -0.8 & 4 & 2.6 \\ -0.5 & 1.2 & -2.5 & -5 \end{pmatrix}$ матрицей с преобладающей главной диагональю?

- A) является;
- B) нет, т.к. в 1-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали;
- C) нет, т.к. во 2-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали;
- D) нет, т.к. в 3-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали;
- E) нет, т.к. в 4-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали.

16. Точное значение $A = 521499$, а приближённое $a = 521500$. Определите количество верных цифр в числе a ?

- A) 6;
- B) 5;
- C) 4;
- D) 3.

17. Точное значение $A = 0,0046038$, а приближённое $a = 0,004603$.

Определите количество верных значащих цифр в числе a ?

- A) 5;
- B) 4;
- C) 3;
- D) 2.

18. Какое из чисел имеет такой же порядок, как и число $2,5 \cdot 10^{-3}$

- A) 0,008;
- B) 10^{-2} ;
- C) $0,56 \cdot 10^{-4}$;
- D) 0,00025.

19. Пусть задана квадратичная функция $y(x)$ и точки: x_0 , $x_1 = x_0 + h$, $x_2 = x_1 + h$. Какая из формул даёт точное значение?

- A) $y'(x_1) = \frac{y(x_1) - y(x_0)}{h}$;
- B) $y'(x_1) = \frac{y(x_2) - y(x_0)}{2h}$;
- C) $y'(x_0) = \frac{y(x_1) - y(x_0)}{h}$;
- D) $y'(x_1) = \frac{y(x_2) - y(x_1)}{h}$

20. Интерполяционный многочлен Ньютона задан формулой $N = 1 - 2(x-1) + 3(x-1)(x-3)$. Какое число является значением заданной функции в одной из точек интерполяции?
 А) -4; В) 12; С) 17; D) 29
21. Для каждого из приближённых методов отыскания корня уравнения достаточно задать одно начальное приближение:
 А) метод хорд; В) метод секущих;
 С) метод касательных; D) метод половинного деления.
22. Какое из утверждений о методе Эйлера решения задачи Коши не является верным:
 А) метод Эйлера имеет второй порядок точности;
 В) метод Эйлера является частным случаем метода Рунге-Кутты;;
 С) метод Эйлера является частным случаем метода разложения решения в ряд Тейлора;
 D) в вычислениях значений приближённого решения при переходе к следующей точке допускается менять шаг
23. Какой из методов решения задачи Коши: $y' = f(x; y)$, $y(x_0) = y_0$ является многошаговым?
 А) метод Адамса; В) метод разложения по формуле Тейлора;
 С) метод Рунге-Кутты; D) метод Эйлера.
24. Интерполяционный многочлен какой степени используется для построения квадратуры Симпсона численного интегрирования?
25. Как называется процесс установления промежутков, в каждом из которых содержится ровно один корень уравнения?
26. Пусть заданы значения функции на равномерной сетке узлов $x_0, x_1, \dots, x_n$, $n \geq 2$. Сколько конечных разностей второго порядка можно вычислить?
27. Существует ли полином, который при использовании метода наименьших квадратов для аппроксимации таблично заданной функции проходит через все заданные точки?
28. Пусть для отыскания корня уравнения $f(x) = 0$ на отрезке $[a; b]$ используется метод половинного деления. Какое минимальное количество итераций потребуется для того, чтобы найти корень уравнения с точностью ϵ ?
29. Пусть заданы узлы $x_0 = 0$, $x_1 = 0,5$ и $x_2 = 1$. Установите соответствие между названиями многочленов и их формулами:
- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1) ИМЛ | А) $5 - 4(x-1)^2$; |
| | Б) $1 + 8x - 4x^2$; |
| 2) ИМН для интерполирования «вперёд» | В) $1 + 6x - 4x(x-0,5)$; |
| | Г) $4 + 4(x-0,5) - 4(x-0,5)^2$; |
| 3) ИМН для интерполирования «назад» | Д) $5 + 2(x-1) - 4(x-1)(x-0,5)$; |
| | Е) $10x(x-0,5) - 16x(x-1) + 2(x-0,5)(x-1)$. |
30. При решении уравнения $f(x) = 0$ приближённым методом левая часть уравнения заменяется новой функцией. Установите соответствие между названиями методов и геометрической интерпретацией функции, заменяющей исходную:
- | | |
|-------------------|--|
| 1) метод Ньютона; | А) прямая, параллельная касательной в заданной точке и проходящая через текущее приближение; |
| | Б) касательная в точке, являющейся текущим приближением; |

- 2) метод хорд; В) прямая, проходящая через точки, абсциссы которых представляют собой два последовательных приближения к корню;
- 3) метод секущих; Г) прямая, проходящая через точки, абсциссы которых являются концами отрезка, на котором содержится корень исходной функции.
31. Выберите нужные утверждения и расположите в правильной последовательности этапы практической оценки погрешности численного интегрирования по правилу Рунге:
- А) разбиение отрезка интегрирования на n равных частей и вычисление интеграла I_n по некоторой численной формуле;
 - Б) вычисление интеграла I по формуле Ньютона-Лейбница;
 - В) вычисление интеграла I_n по новой численной формуле;
 - Г) разбиение отрезка интегрирования на $2n$ равных частей и вычисление интеграла I_{2n} по той же численной формуле;
 - Д) разбиение отрезка интегрирования на $2n$ равных частей и вычисление интеграла I_{2n} по новой численной формуле;
 - Е) выбор точности ε и числа разбиений n ;
 - Ж) выбор числа точности n и вычисление точности ε по числу n ;
 - З) выбор новой точности ε ;
 - И) изменение числа разбиений n и повторение вычислений;
 - К) окончание вычислений в случае выполнения $|I_n - J_n| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае;
 - Л) окончание вычислений в случае выполнения $|I_n - I| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае;
 - М) окончание вычислений в случае выполнения $|I_n - J_{2n}| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае;
 - Н) окончание вычислений в случае выполнения $|I_{2n} - J_n| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае.

Итоговый экзамен по дисциплине проводится в две ступени:

Результат экзамена (максимум 50 баллов) определяется как сумма тестовой и письменной частей.

1. Алгоритм метода Гаусса и его устойчивость
2. Метод простых итераций при решении СЛАУ. Достаточное условие сходимости итерационного процесса.
3. Метод Зейделя при решении СЛАУ. Достаточное условие сходимости метода Зейделя

4. Отделение корней уравнения (графически и аналитически). Уточнение корня методом половинного деления.
5. Уточнение корня уравнения методом хорд
6. Уточнение корня уравнения методом касательных
7. Уточнение корня уравнения комбинированным методом.
8. Интерполирование функции. Линейная интерполяция, погрешность линейной интерполяции
9. Интерполяционный многочлен Лагранжа, оценка погрешности. Конечные разности
10. Интерполяционный многочлен Ньютона для равноотстоящих узлов (1-ая и 2-ая формулы).
11. Аппроксимация функций одной переменной. Выбор вида приближающей функции. Метод средних и метод наименьших квадратов.
12. Численное интегрирование. Метод прямоугольников и метод трапеций.
13. Численное интегрирование. Вывод формулы Симпсона (параболы).
14. Формулы Гаусса при численном интегрировании. Полином Лежандра.
15. Задача Коши. Метод Эйлера при решении дифференциального уравнения и систем ОДУ. Модификации метода Эйлера.
16. Метод Рунге-Кутты, графическая иллюстрация.
17. Многошаговые методы. Алгоритм Адамса.

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

- 1.Вержбицкий В.М. Основы численных методов. Учебн пос. М.: Высш шк, 2005,840 с.
- 2.Гмурман В.Е. Элементы приближенных вычислений. Учебн пос., М.: Высш шк., 2005, 93 с.
- 3.Высшая математика на базе Matcad. Общий курс. / Черняк А.А. и др. С.-Петербург: БВХ-Петербург, 2004, 608 с.
- 4.Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях / Н. С. Бахвалов, А.В.Лапин, Е. В. Чижонков. - М.: Высш.шк., 2010. - 240 с.
5. Культин Н. Б. Turbo Pascal в задачах и примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 256 с.
6. Высшая математика на базе Matcad. Общий курс. / Черняк А.А. и др. С.-Петербург: БВХ-Петербург, 2004, 608 с.

б) дополнительная литература

- 1.Данко П.Е. Высшая математика в упражнениях и задачах: В 2ч.: Учеб.пособие для вузов. – М.: ОНИКС 21 век, 2005. – 304÷416с.
- 2.Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах: Учебн. пособ. М.: Высш. шк., 2006, 480 с.
- 3.Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учебн. пособ., М.: Высш шк., 2005, 544 с.
- 4.Владимиров В.С. Уравнения математической физики. Учебник для вузов. М.: Физматлит, 2003, 400 с.
5. Методы математической физики. Дифференциальные уравнения в частных производных. Метод. указания / Сост. Г.А. Зуева. . – ИГХТУ, 2005, 30 с., № 940
6. Мышкис, Анатолий Дмитриевич. Элементы теории математических моделей. Изд. 2-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 192 с.
7. Гельман, В.Я. Решение математических задач средствами Excel: Практикум / Гельман В.Я. – СПб.: Питер, 2003. – 237 с.

8. Макаров, Евгений Георгиевич. Инженерные расчёты в Mathcad. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2003. – 448 с.
9. Каганов, Вильям Ильин. Компьютерные вычисления в средах Excel и Mathcad. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 328с.
10. Гартман, Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учеб. пособие для вузов / Т.Н. Гартман, Д.В. Клушин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.
11. Поршнев С. Вычислительная математика. Курс лекций. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
12. Шупрута В. В. Delphi 2006 на примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 528 с.
13. Волков, Е. А. Численные методы : учеб. пособие. - Изд. 5-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 249 с. - Библиогр. : с. 244. - Предм. указ. : с. 245-248. - ISBN 978-5-8114-0538-1.12
14. Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе МATHCAD : учеб. пособие для вузов по направлению подготовки дипломированного специалиста 160400-"Системы управления движением и навигации" [и др.]. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2009. - 349 с.
15. Владимирский, Б. М. Математика. Общий курс : учеб. для бакалавров естественнонаучных направлений. - Изд. 4-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 959 с. : ил. - Библиогр. : с. 948-950.
16. Демидович, Б. П. Основы вычислительной математики : учеб. пособие. - Изд. 7-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2009. - 665 с.

Методические указания.

1. Численные методы. Численные методы алгебры: метод. указания / сост. С.В. Кулакова; Иван. гос. хим.-технол. ун.-т.-Иваново, 2012. – 60 с. №357
2. Методы оптимизации: учеб. пособие / .А.Зуева, С.В. Кулакова, Е.А. Петрова, А.А. Малыгин; Иван. гос. хим.-технол. ун.-т. – Иваново, 2010. – 80 с.

Электронные учебные ресурсы:

- а) Метод наименьших квадратов и его применение. Электронное учебное пособие. Зуева Г.А., Кулакова С. В., Петрова Е.А. Иваново: ИГХТУ, 2009, <http://www.isuct.ru/testlib/taxonomy/term/19ЭУ037/09>
- б) Зуева Г.А., Мисаль В.М., Петрова Е.А. Интерполирование функций. Электронное учебное пособие ЭУ100/109. Иваново: ИГХТУ, 2010, <http://www.isuct.ru> 4 п.л.
- в) Петрова Е.А. Расчетная программа «Метод наименьших квадратов» ЭПО 38/09, Иваново: ИГХТУ, 2009, <http://expert.isuct.ru/content/view/154/50>
- г) программное обеспечение Mathlab, Mathematica, Maple, Statistica
- д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы __образовательный математический сайт «Exponenta.ru»__
<http://www.exponenta.ru/educat/free/free.asp>

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лекции по дисциплине проводятся в аудиториях, оснащенной видеопроектором. Практические и лабораторные занятия, на которых проводится текущее или контрольное тестирование проводятся в дисплейных классах факультета и Центра тестирования при ИГХТУ (10 ПЭВМ типа Pentium).

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образовательного образования по направлению 27.03.04 Управление в технических системах (квалификация «бакалавр»)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению и профилю подготовки .

Автор _____ Кулакова С.В.
(подпись, ФИО)

Заведующий кафедрой _____ Зуева Г.А

Рецензент
д.т.н., проф. кафедры прикладной математики
Ивановского государственного
энергетического университета _____ Жуков В.П.
(подпись, ФИО)

Программа одобрена на заседании научно-методического совета по направлению
27.03.04 Управление в технических системах от «_____» _____ 201__ года, протокол
№_____.

Председатель секции НМС _____ Лабутин А.Н.

Министерство образования и науки РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра высшей и прикладной математики

УТВЕРЖДЕН
на заседании кафедры
« 19 » 01 2015г.,
Протокол № 5
Заведующий кафедрой

(подпись)

ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Численные методы
(наименование дисциплины)

27.03.04 Управление в технических системах
(код и наименование направления подготовки)

Системы и средства автоматизации технологических процессов
(профиль/название магистерской программы)

бакалавр

(уровень подготовки)

Иваново, 2015

Паспорт
фонда оценочных средств
по дисциплине Численные методы

№ п/ п	Контролируемые разделы (темы), модули дисциплины *	Контролируемые компетенции (или их части)	Кол-во тестовых заданий	Оценочные средства	
				Вид	Ко- л- во
1	Линейная алгебра	ОК-10	10	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы	40
2	Методы решения систем линейных алгебраических уравнений.	ОК-10	-	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы Коллоквиум Темы рефератов	40
3	Приближенное решение одиночных нелинейных уравнений.	ОК-10	-	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы	50
4	Математическая обработка эксперимента. Интерполяция и аппроксимация	ОК-10	-	Комплект контрольных заданий по вариантам Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы	40 40

5	Численное интегрирование	ОК-10	-	Комплект контрольных заданий по вариантам	40
6	Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем.	ОК-10		Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы Коллоквиум	40
7	Приближенное решение дифференциальных уравнений с частными производными.	ОК-10		Комплект контрольных заданий по вариантам	25
Всего			10		

* Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.

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

Всего по текущей работе студент может набрать 50 баллов, в том числе:

- лабораторные работы - 25 балла;
- практические занятия – 10 баллов;
- контрольные работы по модулю – всего 5 баллов;
- домашнее задание или реферат – 10 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 26 баллов. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет половину от максимального.

Для самостоятельной работы используются задания и задачи, приведенные в перечисленных ниже учебных пособиях:

1. Численные методы. Численные методы алгебры: метод. указания / сост. С.В. Кулакова; Иван. гос. хим.-технол. ун.-т.-Иваново, 2012. – 60 с. №357

2. Методы оптимизации: учеб. пособие /.А.Зуева, С.В. Кулакова, Е.А. Петрова, А.А. Малыгин; Иван. гос. хим.-технол. ун.-т. – Иваново, 2010. – 80 с.

Электронные учебные ресурсы:

- Метод наименьших квадратов и его применение. Электронное учебное пособие. Зуева Г.А., Кулакова С. В., Петрова Е.А. Иваново: ИГХТУ, 2009, <http://www.isuct.ru/testlib/taxonomy/term/19ЭУ037/09>

Примерные темы рефератов:

1. Метод прогонки при решении СЛАУ.
2. Нахождение собственных значений матрицы.
3. Интерполяция с неравноотстоящими узлами.
4. Численное дифференцирование.
5. Метод Монте-Карло при численном интегрировании.
6. Метод Ньютона при решении нелинейного уравнения или системы уравнений.
7. Неявные методы Милна и Гира при решении ОДУ.
8. Численные методы оптимизации.

Комплект контрольно-измерительных материалов для текущего, промежуточного и итогового контроля

Контрольно-измерительные материалы по курсу содержатся в методических указаниях:

Зуева Г.А., Кулакова С.В., Малыгин А.А. Педагогические измерительные материалы по математике. Иваново ИГХТУ, 2008. 52 с. № 543.

Контроль знаний студентов на всех этапах осуществляется путем компьютерного тестирования. Выдаваемый каждому студенту индивидуальный тест включает порядка 20 заданий и генерируется с помощью специальной программы. Время проведения тестирования составляет, как правило, мин. Ниже приведены примеры Демо-версий тестов (первого этапа экзамена).

Бланк заданий

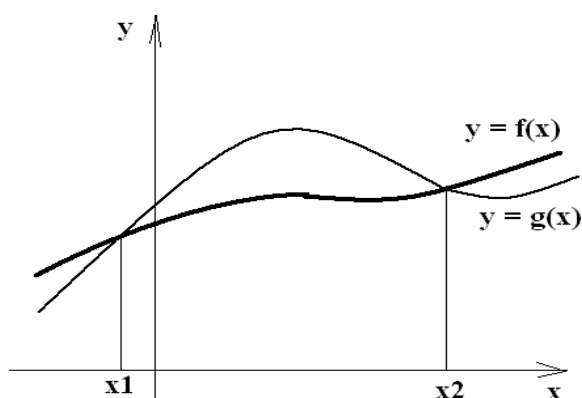
1. Какое требование является обязательным при построении интерполяционного многочлена Лагранжа:
А) узлы интерполяции располагаются на равном расстоянии друг от друга;
В) крайние узлы интерполяции совпадают с концами отрезка интерполирования;
С) количество точек интерполяции равно степени интерполяционного многочлена;
D) интерполяционный многочлен в узлах интерполяции принимает значения интерполируемой функции.

2. Пусть точное значение $A = 500$, а приближенное $a = 500,50$.
Относительная погрешность приближенного числа a равна:
А) 0,001 В) 0,01 С) 0,1 D) 0,5

3. Пусть дана система линейных алгебраических уравнений, у которой существует единственное решение. При использовании метода простой итерации для её решения в промежуточных вычислениях допущена ошибка. Тогда приближенное решение системы:
А) найти невозможно;
В) найти можно только если задано достаточно близкое к точному решению начальное приближение;
С) найти можно только в случае, когда в матрице системы нет нулевых элементов;
D) найти можно.

4. Какое из условий не является обязательным в определении интерполяционного кубического сплайна?
А) первая производная на каждом частичном отрезке является полиномом степени не выше второй;
В) вторая производная непрерывна на всем отрезке;
С) третья производная непрерывна в точках «склейки»;
D) значения сплайна заданы в нескольких точках.

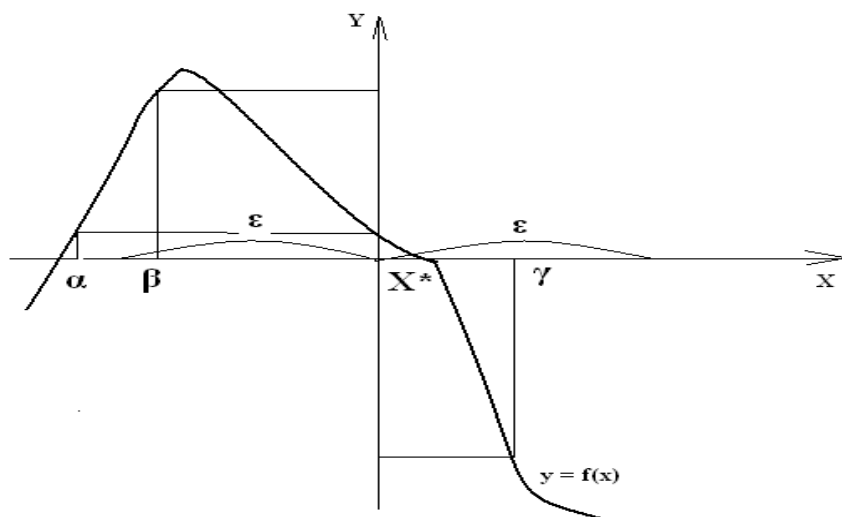
5. Какое из следующих утверждений верно:



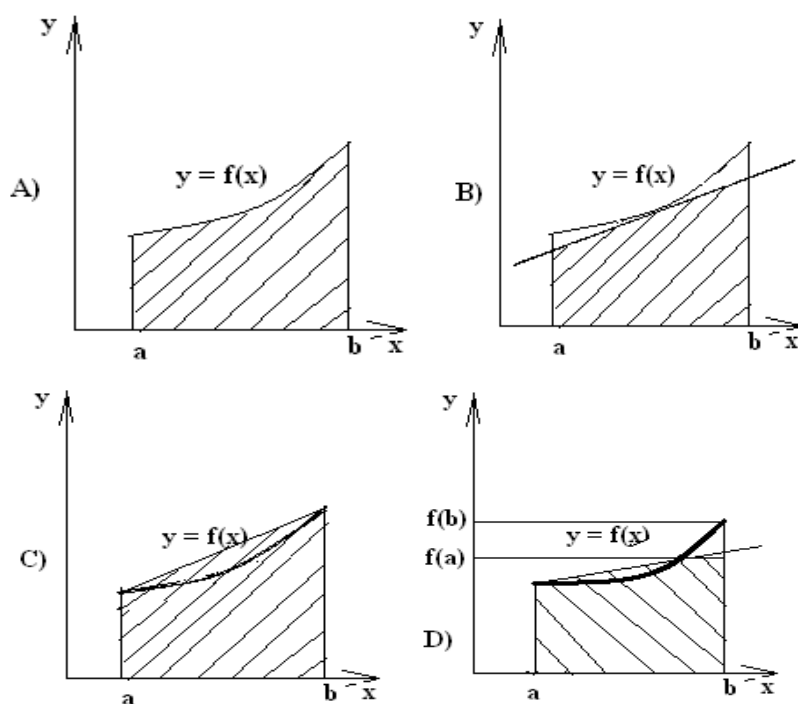
- А) функция $y = g'(x)$ приближает функцию $y = f'(x)$ в точке x_1 лучше, чем в точке x_2 ;
- В) функция $y = g'(x)$ приближает функцию $y = f'(x)$ в точке x_1 так же хорошо, как и в точке x_2 ;
- С) функция $y = g'(x)$ приближает функцию $y = f'(x)$ в точке x_1 хуже, чем в

точке x_2 .

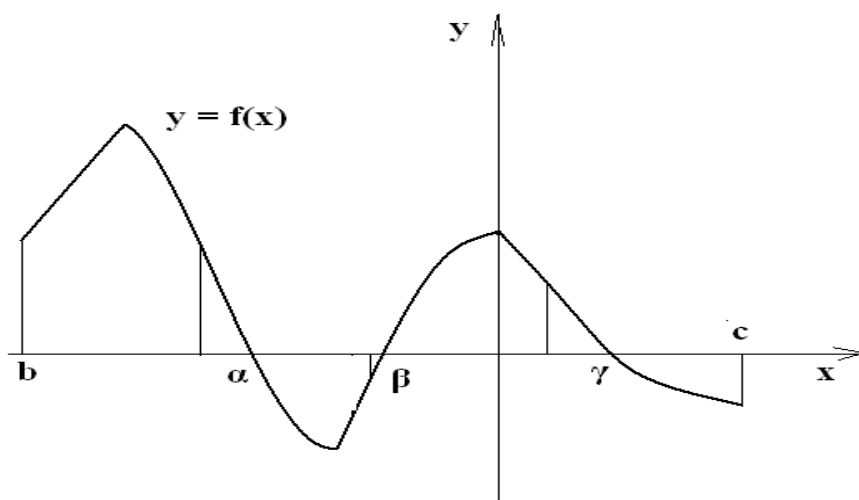
6. Пусть A – точное значение некоторой величины. Абсолютной погрешностью приближённого числа a называется:
- А) наименьшее доступное число Δa , не превосходящее $|A - a|$;
 - В) наименьшее доступное число Δa , не меньшее $|A - a|$;
 - С) наибольшее доступное число Δa , не меньшее $|A - a|$;
 - Д) наибольшее доступное число Δa , не превосходящее $|A - a|$.
7. Какой из методов не относится к точным методам решения систем линейных уравнений?
- А) метод Гаусса; В) метод Зейделя; С) метод Крамера; Д) метод прогонки.
8. Пусть x^* – точный, а α, β, γ – приближённые корни уравнения $f(x) = 0$. По рисунку определите, какая из точек является лучшим приближением к корню?
- А) α В) β С) γ



9. Какое из чисел не является приближением числа 1,67352 по недостатку:
- А) 1,6; В) 1,67; С) 1,674; Д) 1,6735.
10. Какую из функций нельзя построить по 20 точкам?
- А) интерполяционный кубический сплайн;
- В) многочлен пятой степени, дающий наилучшее приближение по методу наименьших квадратов;
- С) алгебраический полином степени не выше 19;
- Д) единственный интерполяционный многочлен степени 20.
11. Какой рисунок соответствует геометрической интерпретации метода трапеций численного интегрирования?



12. Уравнение $f(x) = 0$ на отрезке $[b; c]$ имеет три корня α, β, γ . Пользуясь рисунком, определите, какой корень получится в результате применения метода половинного деления? A) α B) β C) γ D) ответить нельзя



13. При замене краевой задачи сеточной используются формулы:
 A) интерполирования многочленами;
 B) численного интегрирования;
 C) численного дифференцирования;
 D) приближения по методу наименьших квадратов.
14. Определите количество значащих цифр в числе 0,000012305613
 A) 3; B) 7; C) 8; D) 12.

15. Является ли матрица $\begin{pmatrix} 2 & -0.2 & 0.3 & 0.4 \\ 0.3 & -3 & 1 & -1.4 \\ 0.7 & -0.8 & 4 & 2.6 \\ -0.5 & 1.2 & -2.5 & -5 \end{pmatrix}$ матрицей с преобладающей главной диагональю?

- А) является;
 В) нет, т.к. в 1-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали;
 С) нет, т.к. во 2-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали;
 D) нет, т.к. в 3-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали;
 E) нет, т.к. в 4-ой строке нарушается условие преобладания главной диагонали.
16. Точное значение $A = 521499$, а приближённое $a = 521500$. Определите количество верных цифр в числе a ?
 А) 6; В) 5; С) 4; D) 3.
17. Точное значение $A = 0,0046038$, а приближённое $a = 0,004603$.
 Определите количество верных значащих цифр в числе a ?
 А) 5; В) 4; С) 3; D) 2.
18. Какое из чисел имеет такой же порядок, как и число $2,5 \cdot 10^{-3}$?
 А) 0,008; В) 10^{-2} ; С) $0,56 \cdot 10^{-4}$; D) 0,00025.
19. Пусть задана квадратичная функция $y(x)$ и точки: $x_0, x_1 = x_0 + h, x_2 = x_1 + h$. Какая из формул даёт точное значение?
 А) $y'(x_1) = \frac{y(x_1) - y(x_0)}{h}$; В) $y'(x_1) = \frac{y(x_2) - y(x_0)}{2h}$;
 С) $y'(x_0) = \frac{y(x_1) - y(x_0)}{h}$; D) $y'(x_1) = \frac{y(x_2) - y(x_1)}{h}$
20. Интерполяционный многочлен Ньютона задан формулой $N = 1 - 2(x-1) + 3(x-1)(x-3)$.
 Какое число является значением заданной функции в одной из точек интерполяции?
 А) -4; В) 12; С) 17; D) 29
21. Для каждого из приближённых методов отыскания корня уравнения достаточно задать одно начальное приближение:
 А) метод хорд; В) метод секущих;
 С) метод касательных; D) метод половинного деления.
22. Какое из утверждений о методе Эйлера решения задачи Коши не является верным:
 А) метод Эйлера имеет второй порядок точности;
 В) метод Эйлера является частным случаем метода Рунге-Кутты;;
 С) метод Эйлера является частным случаем метода разложения решения в ряд Тейлора;
 D) в вычислениях значений приближённого решения при переходе к следующей точке допускается менять шаг
23. Какой из методов решения задачи Коши: $y' = f(x; y), y(x_0) = y_0$ является многошаговым?
 А) метод Адамса; В) метод разложения по формуле Тейлора;
 С) метод Рунге-Кутты; D) метод Эйлера.
24. Интерполяционный многочлен какой степени используется для построения квадратуры Симпсона численного интегрирования?
25. Как называется процесс установления промежутков, в каждом из которых содержится ровно один корень уравнения?
26. Пусть заданы значения функции на равномерной сетке узлов $x_0, x_1, \dots, x_n, n \geq 2$.
 Сколько конечных разностей второго порядка можно вычислить?

27. Существует ли полином, который при использовании метода наименьших квадратов для аппроксимации таблично заданной функции проходит через все заданные точки?
28. Пусть для отыскания корня уравнения $f(x) = 0$ на отрезке $[\alpha; \beta]$ используется метод половинного деления. Какое минимальное количество итераций потребуется для того, чтобы найти корень уравнения с точностью ε ?
29. Пусть заданы узлы $x_0 = 0$, $x_1 = 0,5$ и $x_2 = 1$. Установите соответствие между названиями многочленов и их формулами:
- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1) ИМЛ | А) $5-4(x-1)^2$; |
| | Б) $1+8x-4x^2$; |
| 2) ИМН для интерполирования «вперёд» | В) $1+6x-4x(x-0,5)$; |
| | Г) $4+4(x-0,5)-4(x-0,5)^2$; |
| 3) ИМН для интерполирования «назад» | Д) $5+2(x-1)-4(x-1)(x-0,5)$; |
| | Е) $10x(x-0,5)-16x(x-1)+2(x-0,5)(x-1)$. |
30. При решении уравнения $f(x) = 0$ приближённым методом левая часть уравнения заменяется новой функцией. Установите соответствие между названиями методов и геометрической интерпретацией функции, заменяющей исходную:
- | | |
|-------------------|--|
| 1) метод Ньютона; | А) прямая, параллельная касательной в заданной точке и проходящая через текущее приближение; |
| | Б) касательная в точке, являющейся текущим приближением; |
| 2) метод хорд; | В) прямая, проходящая через точки, абсциссы которых представляют собой два последовательных приближения к корню; |
| 3) метод секущих; | Г) прямая, проходящая через точки, абсциссы которых являются концами отрезка, на котором содержится корень исходной функции. |
31. Выберите нужные утверждения и расположите в правильной последовательности этапы практической оценки погрешности численного интегрирования по правилу Рунге:
- А) разбиение отрезка интегрирования на p равных частей и вычисление интеграла I_n по некоторой численной формуле;
 - Б) вычисление интеграла I по формуле Ньютона-Лейбница;
 - В) вычисление интеграла I_n по новой численной формуле;
 - Г) разбиение отрезка интегрирования на $2n$ равных частей и вычисление интеграла I_{2n} по той же численной формуле;
 - Д) разбиение отрезка интегрирования на $2n$ равных частей и вычисление интеграла I_{2n} по новой численной формуле;
 - Е) выбор точности ε и числа разбиений n ;
 - Ж) выбор числа точности n и вычисление точности ε по числу n ;
 - З) выбор новой точности ε ;
 - И) изменение числа разбиений n и повторение вычислений;
 - К) окончание вычислений в случае выполнения $|I_n - J_n| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае;
 - Л) окончание вычислений в случае выполнения $|I_n - I| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае;
 - М) окончание вычислений в случае выполнения $|I_n - I_{2n}| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае;

Н) окончание вычислений в случае выполнения $|I_{2n} - J_n| \leq \varepsilon$ или переход к следующему шагу в противном случае.

32. Определить количество разбиений отрезка , достаточное для вычисления интеграла $\int_1^3 \ln x dx$ методом трапеций с точностью $\varepsilon = 0,01$.

Итоговый экзамен по дисциплине проводится в две ступени:

- тестовый экзамен (32 закрытых задания, каждое задание оценивается в 1 балл), на котором студент должен набрать не менее 26 баллов – оценка «удовлетворительно»;
- письменный экзамен, который проводится по вопросам, приводимым ниже. Экзаменационный билет включает шесть вопросов из приводимого ниже перечня. Ответ на каждый вопрос оценивается из 3 баллов. Студент на письменном экзамене может набрать до 18 баллов.

Результат экзамена (максимум 50 баллов) определяется как сумма тестовой и письменной частей.