

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Физико-математический институт

Авторы-составители: **Русакова Ольга Леонидовна
Шварц Константин Григорьевич**

Рабочая программа дисциплины

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Код УМК 101617

Утверждено
Протокол №1
от «19» июня 2024 г.

Пермь, 2024

1. Наименование дисциплины

Численные методы

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.04** Прикладная математика

направленность Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Численные методы** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.04 Прикладная математика (направленность : Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект)

ОПК.1 Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике

Индикаторы

ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	01.03.04 Прикладная математика (направленность: Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект)
форма обучения	очная
№№ семестров, выделенных для изучения дисциплины	3,4
Объем дисциплины (з.е.)	6
Объем дисциплины (ак.час.)	216
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	84
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	56
Самостоятельная работа (ак.час.)	132
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (4) Итоговое контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (3 семестр) Экзамен (4 семестр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Численные методы

В дисциплине "Численные методы" изучаются численные методы решения основных задач математики с привлечением элементов прикладного функционального анализа, алгебры, математического анализа, теории дифференциальных уравнений. Рассматриваются базовые алгоритмы решения задач линейной алгебры, математического анализа, уравнений математической физики, интегральных уравнений. Обосновываются особенности применения этих алгоритмов в практике компьютерных вычислений. Даются навыки решения вычислительных задач на ЭВМ.

Введение

Раскрывается понятие вычислительного эксперимента.

Основы теории погрешности: абсолютная и относительная погрешность, верные значащие цифры числа в широком и узком смысле, погрешность выражения в зависимости от погрешностей величин, входящих в выражение.

Решение систем линейных алгебраических уравнений

На основе базовых теорем линейной алгебры и прикладного функционального анализа рассматриваются численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод исключения Гаусса, метод прогонки, итерационные методы. Определяются условия сходимости приближенного решения.

Решение алгебраических и трансцендентных уравнений

На основе базовых теорем математического анализа и прикладного функционального анализа рассматриваются численные методы решения нелинейных уравнений методом половинного деления, хорд, касательных, секущих, метод итераций для одного уравнения, для системы двух уравнений.

Приближение функций

Методами прикладного функционального анализа рассматриваются основы численного анализа.

Строится приближение функций в различных функциональных пространствах.

Интерполирование функций. Формулы Ньютона. Интерполяционная формула Лагранжа. Интерполяция сплайнами

Численное интегрирование

На основе базовых понятий математического анализа формулируется задача численного интегрирования. Формула Ньютона-Котеса. Полиномы Лежандра. Квадратурная формула Гаусса.

Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши

На основе теории дифференциальных уравнений излагаются приближенные решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Метод Адамса. Метод Рунге-Кутты для систем.

Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений

На основе теории дифференциальных уравнений и прикладного функционального анализа излагаются приближенные решения

краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Метод стрельбы. Редукция к задачам Коши двухточечной краевой задачи для линейного уравнения второго порядка.

Разностные методы решения краевых задач. Проекционные методы решения краевых задач.

Решение дифференциальных уравнений в частных производных

На основе основ прикладного функционального анализа излагается теория разностных схем.
Уравнения в частных производных.

Параболические уравнения. Явная схема, неявная схема, схема Кранка-Николсона.

Эллиптические уравнения. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом сеток.

Процесс Либмана. Ускоренный процесс Либмана. Гиперболические уравнения. Схема «крест».

Определяются аппроксимация и условия устойчивости приближенного решения.

Интегральные уравнения

На основе базовых понятий прикладного функционального анализа рассматриваются численные методы решения интегральных уравнений Фредгольма и Вьюттерра второго рода. методом конечных сумм и методом вырожденных ядер..

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения: учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова ; ред. Б. П. Демидович. - Санкт-Петербург: Лань, 2008, ISBN 978-5-8114-0799-6. - 400. - Библиогр. в конце глав
2. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики: учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон. - Санкт-Петербург: Лань, 2007, ISBN 978-5-8114-0695-1. - 672. - Библиогр. в конце глав

Дополнительная:

1. Крылов В. И., Бобков В. В., Монастырский П. И. Интерполирование и интегрирование / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырский. - Минск: Наука и техника, 1983. - 287.
2. Шевцов Г. С., Крюкова О. Г., Мызникова Б. И. Численные методы линейной алгебры: учебное пособие для математических направлений и специальностей / Г. С. Шевцов, О. Г. Крюкова, Б. И. Мызникова. - Санкт-Петербург: Лань, 2011, ISBN 978-5-8114-1246-4. - 494 с. - Библиогр.: с. 489-490
3. Лебедев В. И. Функциональный анализ и вычислительная математика: [учебное пособие] / В. И. Лебедев. - Москва: Физматлит, 2000, ISBN 5-9221-0092-0. - 296. - Библиогр.: с. 285-287
4. Калиткин Н. Н. Численные методы: учебное пособие для студентов вузов / Н. Н. Калиткин ; ред. А. А. Самарский. - Москва: Наука, 1978. - 512.
5. Шварц К. Г. Численные методы. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений: курс лекций / К. Г. Шварц. - Пермь, 2008, ISBN 978-5-7944-1225-5. - 86. - Библиогр.: с. 86
6. Тарунин Е. Л. Конечно-разностные методы решения уравнений в частных производных: учебное пособие по курсу "Численные методы" / Е. Л. Тарунин. - Пермь, 2004, ISBN 5-7944-0468-х. - 99. - Библиогр.: с. 97
7. Численные методы. Интегральные уравнения и некорректные задачи: методический материал / сост.: Ю. В. Девингаль, Е. Л. Тарунин. - Пермь, 2004. - 44. - Библиогр.: с. 43

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Численные методы** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета., позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;
- среда разработки программ на языке C# .

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная: специализированной мебелью, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения семинарских (практических) занятий - Компьютерный класс, оборудованный: специализированной мебелью, меловой и (или) маркерной доской, компьютерами, проектором, экраном, специализированным программным обеспечением.

Для групповых (индивидуальных) консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации аудитория, оснащенная: специализированной мебелью, ноутбуком/компьютером, меловой (и) или маркерной доской, проектором, экраном.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Численные методы**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности</p>	<p>Знание основных методов вычислительной математики. Умение применять методы вычислительной математики для решения прикладных задач</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные методы вычислительной математики. Не умеет применять методы вычислительной математики для решения прикладных задач</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает основные методы вычислительной математики. Умеет применять методы вычислительной математики для решения прикладных задач, но испытывает значительные трудности.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает основные методы вычислительной математики. Умеет применять методы вычислительной математики для решения прикладных задач, но испытывает незначительные трудности.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Знает основные методы вычислительной математики. Умеет применять методы вычислительной математики для решения прикладных задач</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности	Численное интегрирование Защищаемое контрольное мероприятие	Знание и умение применять на практике методы - решение систем линейных алгебраических уравнений;- решение нелинейных уравнений;- решения задачи интерполирования таблично-заданной функции (сплайн-интерполяция);- численного интегрирование
ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности	Решение дифференциальных уравнений в частных производных Защищаемое контрольное мероприятие	Знание и умение применять на практике методы решения- задачи Коши и краевой задачи для ОДУ;- уравнений в частных производных;- интегральных уравнений Фредгольма и Вольтерра второго рода
ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности	Интегральные уравнения Итоговое контрольное мероприятие	Проверяются знания основных понятий, методов вычислительной математики изученных в курсе и умение применять их на практике.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Тест из 20 заданий с кратким вариантом ответа. За каждый правильный ответ 5 баллов	100

Численное интегрирование

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Лабораторная работа 3 Сплайн-интерполяция	10
Лабораторная работа 1 Численное решение систем линейных алгебраических уравнений	10
Лабораторная работа 4 Численное интегрирование	5
Лабораторная работа 2 Решение нелинейных уравнений	5

Решение дифференциальных уравнений в частных производных

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Лабораторная работа 5 Численное решение задачи Коши и краевой задачи для ОДУ	10
Лабораторная работа 7 Численное решение интегральных уравнений Фредгольма и	10
Вольтерра второго рода	
Лабораторная работа 6 Численное решение уравнений в частных производных	10

Интегральные уравнения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Практическое задание	20
Теоретический вопрос 1	10
Теоретический вопрос 2	10

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных

мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности	Численное интегрирование Защищаемое контрольное мероприятие	Знание и умение применять на практике методы - решение систем линейных алгебраических уравнений;- решение нелинейных уравнений;- решения задачи интерполирования таблично-заданной функции (сплайн-интерполяция);- численного интегрирование
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности	Решение дифференциальных уравнений в частных производных Защищаемое контрольное мероприятие	Знание и умение применять на практике методы решения- задачи Коши и краевой задачи для ОДУ;- уравнений в частных производных;- интегральных уравнений Фредгольма и Вольтерра второго рода
ОПК.1.2 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности	Интегральные уравнения Итоговое контрольное мероприятие	Проверяются знания основных понятий, методов вычислительной математики изученных в курсе и умение применять их на практике.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Тест из 20 заданий с кратким вариантом ответа. За каждый правильный ответ 5 баллов	100

Численное интегрирование

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Лабораторная работа 3 Сплайн-интерполяция	10
Лабораторная работа 1 Численное решение систем линейных алгебраических уравнений	10
Лабораторная работа 4 Численное интегрирование	5
Лабораторная работа 2 Решение нелинейных уравнений	5

Решение дифференциальных уравнений в частных производных

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Лабораторная работа 5 Численное решение задачи Коши и краевой задачи для ОДУ	10
Лабораторная работа 7 Численное решение интегральных уравнений Фредгольма и	10
Вольтерра второго рода	
Лабораторная работа 6 Численное решение уравнений в частных производных	10

Интегральные уравнения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**
 Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Практическое задание	20
Теоретический вопрос 1	10
Теоретический вопрос 2	10