

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра прикладной математики и информатики**

Авторы-составители: **Русакова Ольга Леонидовна  
Шкарапута Александр Петрович  
Шварц Константин Григорьевич  
Русаков Сергей Владимирович**

Рабочая программа дисциплины

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ**

Код УМК 73068

Утверждено  
Протокол №8  
от «02» апреля 2019 г.

Пермь, 2019

## **1. Наименование дисциплины**

Численные методы

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

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

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

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

**03.03.02** Физика (направленность : Фундаментальная физика)

**ОПК.1** способность использовать базовые знания основных разделов математического анализа, алгебры, аналитической геометрии, математической логики, теории вероятностей и математической статистики, численных методов в будущей профессиональной деятельности

**ОПК.3** способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	4
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (4 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Численные методы. Первый семестр

#### Входной контроль

##### Модуль 1

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.

Численные методы линейной алгебры. Решение систем линейных алгебраических уравнений.

Метод исключения Гаусса. Метод прогонки. Итерационные методы. Проблема собственных значений. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений.

Метод половинного деления, хорд, касательных, секущих.

Метод итераций для одного уравнения, для системы двух уравнений.

Основы численного анализа. Приближение функций.

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

Численное интегрирование. Формула Ньютона-Котеса. Полиномы Лежандра. Квадратурная формула Гаусса.

##### Модуль 2

Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.

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

Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Метод стрельбы. Редукция к задачам Коши двухточечной краевой задачи для линейного уравнения второго порядка. Разностные методы решения краевых задач.

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», неявная схема.

Интегральные уравнения.

Метод конечных сумм. Метод вырожденных ядер. Метод моментов

#### Итоговое мероприятие

Итоговое мероприятие представляет из себя письменную работу, состоящую из двух теоретических вопросов и практического задания. Проверяются знания основных понятий, методов вычислительной математики изученных в курсе и умение применять их на практике.

### Численные методы. Второй семестр

Не используемые разделы

##### Модуль 1

Не используемые разделы

##### Модуль 2

Не используемые разделы

#### Итоговое мероприятие

Не используемые разделы

## **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. Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. - 2-е изд., перераб и доп. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 240 с. : ил. ISBN 978-5-9963-0333-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех : [сайт]. <https://psu.bibliotech.ru/Reader/Book/8665>
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
3. Русаков С. В. Численные методы. курс лекций : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Прикладная математика и информатика» : [в 2 ч.] Ч. 2 / С. В. Русаков, М. М. Бузмакова ; М-во науки и высш. образования РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т. - Пермь: ПГНИУ, 2020, ISBN 978-5-7944-3565-8. - 112 <https://elis.psu.ru/node/642185>
4. Воеводин, В. В. Вычислительная математика и структура алгоритмов : учебник / В. В. Воеводин. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2010. — 168 с. — ISBN 978-5-211-05933-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13042>

### Дополнительная:

1. Мызникова Б. И. Численные методы. Проблема собственных значений: курс лекций / Б. И. Мызникова. - Пермь, 1995, ISBN 5-230-11799-0. - 140. - Библиогр.: с. 139-140
2. Березин И. С. Методы вычислений. учебное пособие для вузов Т. 1 / И. С. Березин, Н. П. Жидков. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Наука, 1966. - 632
3. Березин И. С. Методы вычислений. учебное пособие для вузов Т. 2 / И. С. Березин, Н. П. Жидков. - Москва: Физматгиз, 1962. - 639
4. 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

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

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

<http://www.mathnet.ru/> Общероссийский математический портал

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **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.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice»;
- и другое

Для выполнения лабораторных работ нужны электронные таблицы (любые) и среда разработки программ на языке программирования высокого уровня (C++, C#) (по выбору студента).

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 презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий - компьютерный класс. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.  
Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера 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 и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.1</b> способность использовать базовые знания основных разделов математического анализа, алгебры, аналитической геометрии, математической логики, теории вероятностей и математической статистики, численных методов в будущей профессиональной деятельности</p>	<p>Знание основных методов вычислительной математики для решения задач линейной алгебры, анализа, численного дифференцирования и интегрирования. Умение реализовывать методы вычислительной математики с помощью программ на языке высокого уровня или специализированных пакетов. Умение интерпретировать полученные результаты.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Знает : некоторые основные методы линейной алгебры; решения нелинейных уравнений; приближения функций; численного интегрирования; решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных; решения интегральных уравнений. Умеет реализовывать алгоритм метода решения. Имеются ошибки в вычислениях основных и промежуточных результатов. Может интерпретировать полученные результаты.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает : основные методы линейной алгебры; решения нелинейных уравнений; приближения функций; численного интегрирования; решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных; решения интегральных уравнений. Умеет выбрать метод решения. Умеет реализовывать алгоритм метода решения. Имеются незначительные ошибки в вычислениях основных и промежуточных результатов. Умеет интерпретировать полученные результаты.</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает :  основные методы линейной алгебры;  решения нелинейных уравнений;  приближения функций;  численного интегрирования;  решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;  решения интегральных уравнений.  Умеет правильно выбирать метод решения.  Умеет правильно реализовывать алгоритм метода решения. Отсутствие ошибок в вычислениях основных и промежуточных результатов. Правильно дана интерпретация полученных результатов.</p>
<p><b>ОПК.3</b>  способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем</p>	<p>Умение правильно выбрать на основе анализа постановки задачи нужный метод (методы) вычислительной математики и реализовывать их в виде программы на языке программирования высокого уровня или с помощью специализированных пакетов</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b>  не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Знает алгоритмы:  некоторых основных методов линейной алгебры;  решения нелинейных уравнений;  для решения задачи приближения функций;  численного интегрирования;  решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;  решения интегральных уравнений.  Умеет реализовывать программно перечисленные метода решения, проводить вычислительные эксперименты. При этом могут допускать ошибки в вычислениях основных и промежуточных результатов. Может интерпретировать полученные результаты.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает алгоритмы:  основных методов линейной алгебры;  решения нелинейных уравнений;  приближения функций;</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>численного интегрирования;  решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;  решения интегральных уравнений.  Умеет выбрать метод решения. Умеет реализовывать алгоритм метода решения программно или с применением специализированного программного обеспечения. При проведении вычислительных экспериментов могут быть допущены незначительные ошибки в вычислениях основных и промежуточных результатов.  Умеет интерпретировать полученные результаты.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает алгоритмы:  основных методов линейной алгебры;  решения нелинейных уравнений;  приближения функций;  численного интегрирования;  решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;  решения интегральных уравнений.  Умеет правильно выбирать метод решения. Умеет правильно реализовывать алгоритм метода решения программно или с использованием специализированного ПО. Отсутствие ошибок в вычислениях основных и промежуточных результатов. Правильно дана интерпретация полученных результатов.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ОПК.1</b> способность использовать базовые знания основных разделов математического анализа, алгебры, аналитической геометрии, математической логики, теории вероятностей и математической статистики, численных методов в будущей профессиональной деятельности <b>ОПК.3</b> способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	Модуль 1 <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знание основные виды погрешностей, умение определять верные значащие цифры числа по абсолютной и относительной погрешностям, умение определять погрешность выражения по указанным погрешностям входящих в него величин. Знание методов уточнения корней нелинейных и трансцендентных уравнений, прямых и итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений, методы интерполирования и приближения таблично заданных функций, методы численного интегрирования. Умение применять их на практике и реализовывать в виде программы.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.1</b> способность использовать базовые знания основных разделов математического анализа, алгебры, аналитической геометрии, математической логики, теории вероятностей и математической статистики, численных методов в будущей профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3</b> способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем</p>	<p>Модуль 2</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание методов приближенного решение обыкновенных дифференциальных уравнений: задача Коши, краевая задача. Умение применять редукцию к задачам Коши двухточечной краевой задачи для линейного уравнения второго порядка.</p> <p>Знание разностные методы решения краевых задач. Знание методов для решения уравнений в частных производных и умения реализовать их на практике. Знание методов решения интегральных уравнений и умение применять их на практике.</p>
<p><b>ОПК.1</b> способность использовать базовые знания основных разделов математического анализа, алгебры, аналитической геометрии, математической логики, теории вероятностей и математической статистики, численных методов в будущей профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3</b> способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем</p>	<p>Итоговое мероприятие</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Ответы на теоретические вопросы, решение практической задачи по одной из тем курса.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Модуль 1

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
По перечисленным критериям оцениваются три лабораторные работы. Максимальный балл за каждую	10
Правильно выбран метод решения. Правильно реализован алгоритм метода решения.	4
Отсутствие ошибок в вычислениях основных и промежуточных результатов	2
Правильно дана интерпретация полученных результатов	2
Правильно сформулирована математическая постановка задач	2
За каждую грубую ошибку снимается	1
За ошибку, не требующую существенных переделок, снимается	.5

## Модуль 2

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
По перечисленным критериям оцениваются три лабораторные работы. Максимальный балл за каждую	10
Правильно выбран метод решения.	3
Правильно реализован алгоритм метода решения.	3
Отсутствие вычислительных ошибок при вычислении промежуточных и основных результатов.	2
Правильно дана интерпретация полученных результатов.	2
За каждую грубую ошибку снижается	1
За каждую ошибку, исправление которой не требует существенных изменений, снижается	.5

## Итоговое мероприятие

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
Решение практического задания: 1) правильно определен раздел вычислительной математики, к которому относится предлагаемая задача - 3; 2) правильно выбран метод - 3; 3) найдено решение без вычислительных ошибок - 10; 4) правильно дана интерпретация результатов - 4. За каждую ошибку снимается 1 балл	20
Ответ на первый теоретический вопрос: 1) математическая постановка задачи; 2) описание алгоритма метода; 3) погрешность метода; 4) устойчивость метода; 5) оценки сложности алгоритма. Каждый пункт оценивается от 0 до 2 баллов.	10
Ответ на второй теоретический вопрос: 1) математическая постановка задачи; 2) описание	10

алгоритма метода;3) погрешность метода;4) устойчивость метода;5) оценки сложности алгоритма.Каждый пункт оценивается от 0 до 2 баллов.	