

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра физики фазовых переходов

**Авторы-составители: Смородин Борис Леонидович
Ильин Владимир Алексеевич
Краузин Павел Васильевич**

Рабочая программа дисциплины
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА
Код УМК 94051

Утверждено
Протокол №12
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Вычислительная физика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Вычислительная физика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ПК.3 способность работать с современным программным обеспечением, приборами и установками в избранной области

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	5,6
Объем дисциплины (з.е.)	7
Объем дисциплины (ак.час.)	252
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	98
Проведение лекционных занятий	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	70
Самостоятельная работа (ак.час.)	154
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (4)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (5 триместр) Экзамен (6 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Вычислительная физика. Первый триместр

Входной контроль

Интерполяция и аппроксимация функций

Полиномиальная интерполяция. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционный многочлен Ньютона. Сплайн-интерполяция. Среднеквадратичная аппроксимация. Метод наименьших квадратов.

Решение алгебраических и трансцендентных уравнений

Метод деления пополам. Метод Ньютона: теоретические основы. Визуализация метода Ньютона. Метод секущих, метод парабол и простых итераций. Нахождение всех корней уравнения. Прямые методы решения СЛАУ: метод Крамера, метод обратной матрицы, метод Гаусса.

Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений

Метод стрельбы. Редукция к задачам Коши двухточечной краевой задачи для линейного уравнения второго порядка. Метод ортогонализации Грама-Шмидта. Метод дифференциальной прогонки.

Вычислительная физика. Второй триместр

Проблема собственных значений

Метод прогонки решения СЛАУ ленточного вида. Матричная прогонка. Итерационные одношаговые методы решения СЛАУ. Метод простой итерации; методы Зейделя, верхней релаксации, Якоби. Алгебраическая проблема собственных значений. Простейшие методы. Нахождение собственных значений методом интерполяции. 3-х диагональные матрицы. Метод обратной итерации нахождения собственного вектора. Итерационный метод вращений Якоби нахождения собственных векторов и собственных значений симметричной вещественной матрицы.

Методы решения уравнений в частных производных

Разностные методы решения. Параболические уравнения. Явная схема, неявная схема. Эллиптические уравнения. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа методом сеток. Гиперболические уравнения. Схема «крест», неявная схема.

Дополнительные методы вычислительной физики

Методы продолжения по параметру. Метод Шенкса. Методы решения интегральных уравнений (уравнения Фредгольма, уравнения Вольтерра).

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. Купцов П. В. Элементарная вычислительная физика. Компьютерная обработка данных на практических и лабораторных занятиях: Учебное пособие/Купцов П. В..-Саратов:Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ,2015, ISBN 978-5-7433-2880-2.-36. <http://www.iprbookshop.ru/76536.html>
2. Лобов Н. И.,Любимов Д. В.,Любимова Т. П. Решение задач на ЭВМ:учебно-методическое пособие/Н. И. Лобов, Д. В. Любимов, Т. П. Любимова.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1890-3.-1. <http://www.campus.psu.ru/library/node/19447>

Дополнительная:

1. Крахоткина Е. В. Численные методы в научных расчетах:Учебное пособие. Курс лекций/Крахоткина Е. В..-Ставрополь:Северо-Кавказский федеральный университет,2015.-162. <http://www.iprbookshop.ru/62884.html>
2. Шевченко, Г. И. Численные методы : лабораторный практикум / Г. И. Шевченко, Т. А. Куликова. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 107 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/62885.html>
3. Смородин Б. Л. Компьютерные методы в физике конденсированного состояния:учебно-методическое пособие/Б. Л. Смородин.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0962-2.-106.-Библиогр.: с. 102-103

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

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

<https://www.journals.elsevier.com/journal-of-computational-physics> Рецензируемый научный журнал "Journal of Computational Physics"

<http://mathworld.wolfram.com/> Математическая энциклопедия Wolfram

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

Образовательный процесс по дисциплине **Вычислительная физика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Образовательный процесс по дисциплине **Вычислительная физика** предполагает использование программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС).
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.).

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».
- интегрированная среда разработки C, C++, Fortran: Code::Blocks
- высокоуровневый язык программирования: Python

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

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 лабораторных занятий и проведения текущего контроля требуется компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется 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
Вычислительная физика**

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

ПК.3

способность работать с современным программным обеспечением, приборами и установками в избранной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3 способность работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области</p>	<p>Знать: численные методы и алгоритмы для решения прикладных физических задач. Уметь: вычислять оценку погрешности численных методов. Владеть: навыками составления программ для решения задач вычислительной физики, предусматривающих контроль точности решения.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Отсутствие знаний. Не знает формулировок и выводов численных методов. Отсутствие умений. Отсутствие навыков.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания численных методов и алгоритмов для решения прикладных физических задач. Частично сформированное умение вычисления оценок погрешности численных методов. Фрагментарное владение навыков составления программ для решения задач вычислительной физики, предусматривающих контроль точности решения.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания численных методов и алгоритмов для решения прикладных физических задач. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение вычисления оценок погрешности численных методов. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков составления программ для решения задач вычислительной физики, предусматривающих контроль точности решения.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Знает численные методы и алгоритмы для решения прикладных физических задач. Умеет вычислять оценку погрешности численных методов.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично Владеет навыками составления программ для решения задач вычислительной физики, предусматривающих контроль точности решения.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Входной контроль Входное тестирование	Знание определений производной и интеграла. Умение раскладывать функцию в ряд Тейлора. Владеть навыками нахождения пределов.
ПК.3 способность работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области	Решение алгебраических и трансцендентных уравнений Письменное контрольное мероприятие	Умение решать алгебраические и трансцендентные уравнения. Владение навыком находить интерполяцию / аппроксимацию функций.
ПК.3 способность работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области	Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений Итоговое контрольное мероприятие	Знание постановки задачи приближенного решения обыкновенного дифференциального уравнения. Умение выбирать численный метод для конкретных задач решения ОДУ. Владение навыком нахождения приближенного решения ОДУ.
ПК.3 способность работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области	Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений Письменное контрольное мероприятие	Знание постановки задач линейной алгебры. Умение выбирать численный метод для конкретных задач линейной алгебры. Владение навыком нахождения собственных векторов и собственных значений матрицы.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Контроль содержит 2 задания. Правильное выполнение каждого задания оценивается в 2 балла. Если решение содержит незначительные ошибки – 1 балл.	4

Решение алгебраических и трансцендентных уравнений

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Программирование численного метода выполнено полностью. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат и требуемое его графическое представление.	4
Программирование численного метода выполнено полностью. Возможно использованы наименее оптимальные подходы к решению поставленной задачи. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат, но в его графическом представлении могут быть неточности.	3
Программирование численного метода выполнено не полностью. Программа выполняется без ошибок. Результат получен частично, в его графическом представлении могут быть неточности.	2
При программировании численного метода допущены существенные ошибки. Программа может выдавать ошибки. Получен неверный результат, его графическое представление может отсутствовать.	1
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 4, проходной первичный балл - 2. Выше указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений

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

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Программирование численного метода выполнено полностью. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат и требуемое его графическое представление.	4
Программирование численного метода выполнено полностью. Возможно использованы наименее оптимальные подходы к решению поставленной задачи. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат, но в его графическом представлении могут быть неточности.	3
Программирование численного метода выполнено не полностью. Программа выполняется без ошибок. Результат получен частично, в его графическом представлении могут быть	2

неточности.	
При программировании численного метода допущены существенные ошибки. Программа может выдавать ошибки. Получен неверный результат, его графическое представление может отсутствовать.	1
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 4, проходной первичный балл - 2. Выше указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Программирование численного метода выполнено полностью. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат и требуемое его графическое представление.	4
Программирование численного метода выполнено полностью. Возможно использованы наименее оптимальные подходы к решению поставленной задачи. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат, но в его графическом представлении могут быть неточности.	3
Программирование численного метода выполнено не полностью. Программа выполняется без ошибок. Результат получен частично, в его графическом представлении могут быть неточности.	2
При программировании численного метода допущены существенные ошибки. Программа может выдавать ошибки. Получен неверный результат, его графическое представление может отсутствовать.	1
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 4, проходной первичный балл - 2. Выше указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.3 способность работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области	Методы решения уравнений в частных производных Письменное контрольное мероприятие	Умение программировать решение уравнений в частных производных методом конечных разностей. Умение объяснять содержание программ.
ПК.3 способность работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области	Дополнительные методы вычислительной физики Письменное контрольное мероприятие	Умение программировать решение интегральных уравнений. Умение объяснять содержание программ.
ПК.3 способность работать с современными программным обеспечением, приборами и установками в избранной области	Дополнительные методы вычислительной физики Итоговое контрольное мероприятие	Знание определений, формул, методов, алгоритмов, умение решать и анализировать задачи по изученным вычислительным методам в физике.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Методы решения уравнений в частных производных

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Программирование численного метода выполнено полностью. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат и требуемое его графическое представление.	4
Программирование численного метода выполнено полностью. Возможно использованы наименее оптимальные подходы к решению поставленной задачи. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат, но в его графическом представлении могут быть неточности.	3
Программирование численного метода выполнено не полностью. Программа выполняется без ошибок. Результат получен частично, в его графическом представлении могут быть неточности.	2
При программировании численного метода допущены существенные ошибки. Программа может выдавать ошибки. Получен неверный результат, его графическое представление может отсутствовать.	1
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 4, проходной первичный балл - 2. Выше указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Дополнительные методы вычислительной физики

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Программирование численного метода выполнено полностью. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат и требуемое его графическое представление.	4
Программирование численного метода выполнено полностью. Возможно использованы наименее оптимальные подходы к решению поставленной задачи. Программа выполняется без ошибок. Получен верный результат, но в его графическом представлении могут быть неточности.	3
Программирование численного метода выполнено не полностью. Программа выполняется без ошибок. Результат получен частично, в его графическом представлении могут быть неточности.	2
При программировании численного метода допущены существенные ошибки. Программа может выдавать ошибки. Получен неверный результат, его графическое представление может отсутствовать.	1
Описание шкалы оценивания. Максимальный первичный балл - 4, проходной первичный балл - 2. Выше указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Дополнительные методы вычислительной физики

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

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Контроль содержит 1 теоретический вопрос. Правильное изложение теории оценивается в 10 баллов. Если в изложении содержатся незначительные ошибки – 5 баллов. Содержащиеся в изложении все нужные формулы и выкладки оцениваются в 10 баллов. Если в них содержатся незначительные ошибки – 5 баллов.	20
Контроль содержит 2 задачи. Правильное выполнение каждой задачи оценивается в 10 баллов. Если решение содержит незначительные ошибки – 5 баллов.	20