

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур

(Середин П.В.)
28.08.2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.16.03 Численные методы и математическое моделирование

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 «Физика»

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика наноматериалов и новых медицинских технологий

3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Курганский С.И., доктор физ.-мат. наук, профессор

7. Рекомендована: НМС Физического факультета ВГУ протокол № 6 от 26.06.2020 г.

8. Учебный год: 2022-2023

Семестр(ы): 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Формирование у обучающихся знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для использования математического аппарата для освоения теоретических основ и практического использования физических методов в инженерной деятельности. Освоение методов численного анализа, методов численного решения математических задач, моделирующих задачи физики, естествознания и техники, а также современных методов анализа математических моделей. Формирование навыков построения и применения моделей, возникающих в практической деятельности и проведения расчетов по таким моделям.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части блока Б1 основной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 Физика предметного модуля «Информатика».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-2	способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	знать: основные понятия и численные методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексной переменной, теории вероятностей и математической статистики, технологию работы на ПК в современных операционных средах; уметь: использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов; использовать информационные технологии для решения физических и технических задач; адекватно ставить и решать задачи исследования сложных объектов на основе методов математического моделирования; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы;
ПК-5	способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	владеть: навыками и методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, дифференциального и интегрального исчисления, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, математической логики, функционального анализа.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость
--------------------	--------------

	Всего	По семестрам
		5 семестр
Аудиторные занятия	54	54
в том числе: лекции	36	36
практические		
лабораторные	18	18
Самостоятельная работа	18	18
Форма промежуточной аттестации экзамен – 36 час.	36	36
Итого:	108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Вычислительный эксперимент. Математические модели. Методы численного анализа.	Натурный и вычислительный эксперимент. Математические модели. Методы численного анализа. Алгоритмы как форма и средство научных исследований. Источники погрешностей результатов вычислений. Ошибки округления. Корректность задач. Сходимость методов. Устойчивость методов и алгоритмов и обусловленность задач.
1.2	Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных.	Линейная и полиномиальная интерполяция. Единственность интерполяционного полинома. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Остаточный член формулы Лагранжа. Выбор узлов интерполирования. Многочлены Чебышева. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционный многочлен Ньютона. Интерполяционная схема Эйткена. Кусочно-полиномиальная (сплайн) интерполяция. Граничные условия при построении сплайнов. Построение сплайна третьего порядка. Применения интерполяции при обработке экспериментальных данных. Построение эмпирических формул. Определение параметров эмпирической зависимости. Метод наименьших квадратов.
1.3	Численное дифференцирование.	Аппроксимация производных. Производные и разделенные разности. Погрешность численного дифференцирования. Использование интерполяционных формул. Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов и для равноотстоящих узлов. Безразностные формулы численного дифференцирования.
1.4	Численное интегрирование.	Квадратурные формулы численного интегрирования. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формулы трапеций, Симпсона. Квадратурные формулы Гаусса. Сплайн-квадратуры. Правило Рунге. Схема Эйткена. Практическая реализация методов численного интегрирования: алгоритмы с автоматическим выбором шага и адаптивные алгоритмы. Вычисление кратных интегралов. Кубатурные формулы. Метод последовательного интегрирования. Методы Монте-Карло.
1.5	Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Задача Коши. Методы разложения в ряд Тейлора. Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты. Экстраполяционный и интерполяционный методы Адамса. Методы прогноза и коррекции. Дифференциальные уравнения высших порядков. Разностная схема Нумерова. Метод Нумерова. Краевая задача для дифференциальных уравнений второго порядка. Метод прогонки.
1.6	Вычислительные методы линейной алгебры.	Прямые и итерационные методы. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод гауссова исключения. Алгоритм Гаусса с выбором главного элемента.

		Вычисление определителей. Метод квадратного корня. Треугольное разложение. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Нормы и обусловленность матриц. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Сходимость итерационных методов. Задачи на собственные значения. Приведение матриц к трехдиагональному виду. Нахождение собственных значений и собственных векторов трехдиагональной матрицы.
1.7	Решение нелинейных уравнений.	Отделение и уточнение корней. Итерационные методы. Порядок сходимости. Оценки погрешностей решения. Метод дихотомии. Метод хорд. Метод секущих. Метод касательных. Комбинированные методы.
2. Лабораторные работы		
2.1	Лабораторная работа 1.	Интерполирование функций с помощью многочлена Лагранжа
2.2	Лабораторная работа 2.	Интерполирование функций с помощью многочлена Ньютона
2.3	Лабораторная работа 3.	Интерполирование функций с помощью схемы Эйткена
2.4	Лабораторная работа 4.	Построение сплайна третьего порядка
2.5	Лабораторная работа 5.	Обработка экспериментальных данных. Построение эмпирических формул
2.6	Лабораторная работа 6.	Метод наименьших квадратов
2.7	Лабораторная работа 7.	Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов на основе интерполяционного многочлена Ньютона
2.8	Лабораторная работа 8.	Формулы численного дифференцирования для равноотстоящих узлов на основе интерполяционного многочлена Лагранжа
2.9	Лабораторная работа 9.	Вычисление определенных интегралов по формуле трапеций
2.10	Лабораторная работа 10.	Вычисление определенных интегралов по формуле Симпсона
2.11	Лабораторная работа 11.	Вычисление определенных интегралов по формулам Ньютона-Котеса пятого порядка
2.12	Лабораторная работа 12.	Вычисление определенных интегралов по формулам Гаусса
2.13	Лабораторная работа 13.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Эйлера
2.14	Лабораторная работа 14.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Рунге-Кутты
2.15	Лабораторная работа 15.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Адамса
2.16	Лабораторная работа 16.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу прогноза и коррекции
2.17	Лабораторная работа 17.	Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу Гаусса
2.18	Лабораторная работа 18.	Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу квадратного корня
2.19	Лабораторная работа 19.	Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу простой итерации
2.20	Лабораторная работа 20.	Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу Зейделя
2.21	Лабораторная работа 21.	Решение нелинейных уравнений по методу бисекций
2.22	Лабораторная работа 22.	Решение нелинейных уравнений по методу простой итерации
2.23	Лабораторная работа 23.	Решение нелинейных уравнений по методу хорд

2.24	Лабораторная работа 24.	Решение нелинейных уравнений по методу касательных
------	-------------------------	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Вычислительный эксперимент. Математические модели. Методы численного анализа.	2			2	4
2	Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных.	6		2	2	10
3	Численное дифференцирование.	2		2	2	6
4	Численное интегрирование.	8		4	2	14
5	Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	8		4	4	16
6	Вычислительные методы линейной алгебры.	8		4	4	16
7	Решение нелинейных уравнений.	2		2	2	6
	Итого:	36		18	18	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную

работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались учащиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных студентом знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы студента предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии (по образовательным формам): лекции, лабораторные и индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения:

- объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и оборудования);

- активные (анализ учебной и научной литературы; выполнение лабораторных работ по измерению различных физических явлений и процессов; математическая обработка и анализ полученных данных на основании знаний соответствующих курсов лекций);

- интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов);

- информационные, компьютерные, мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.). Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы бакалавров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к экзамену.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Курганский, С.И. Задачи по численным методам. Учебно-методическое пособие для вузов / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев // Воронежский государственный университет. – Воронеж. – 2013. - 33 с. – URL : https://lib.vsu.ru/zgate?present+5585+default+61+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus
2.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Д.В. Костин, М.Н. Небольсина. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 . Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-66.pdf
3.	Квасов, Б.И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab :

	[учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению "Математика"] / Б.И. Квасов .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2016 .— 323 с
4.	Бахвалов, Н.С. Численные методы : учебное пособие для студ. физ.-мат. специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— 6-е изд. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008.— 636 с.
5.	Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] : .— Москва : Лань, 2011 .— 736 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : http://e.lanbook.com
6.	Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций : [учебное пособие для студ. вузов] / В.А. Срочко /.— СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 202 с.
7.	Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учебное пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова ; под ред. Б. П. Демидовича .— Изд. 5-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 400 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
8.	Курганский, С.И., Вычислительные методы для физиков. Часть 1. Аппроксимация функций, численное дифференцирование / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1998. - 24 с.
9.	Курганский, С.И. Вычислительные методы для физиков. Часть 2. Численное интегрирование, численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1999. - 32 с.
10.	Курганский С.И. Вычислительные методы для физиков. Часть 3. Численные методы линейной алгебры, методы решения нелинейных уравнений / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1999. - 16 с.
11.	Основы моделирования в пакете MATLAB : учебное пособие для вузов] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Ю.К. Николаенков, В.И. Ключин, Е.Н. Бормонтов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 56 с. Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-151.pdf
12.	Моделирование задач радиофизики и электроники в системе MATHCAD : Учебное пособие / Ю.С. Радченко, А.Д. Коробова ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж, 2004 .— 47 с. Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jun04003.pdf
13.	Федоренко, Р.П.. Введение в вычислительную физику : [учебное пособие для вузов] / Р.П. Федоренко ; под ред. и с доп. А.И. Лобанова .— 2-е , испр. и доп. изд. — Долгопрудный : Интеллект, 2008 .— 503 с.
14.	Самарский, А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .— Изд. 3-е, стер. — СПб. : Лань, 2005 .— 288 с.
15.	Волков, Е.А. Численные методы : учебное пособие / Е.А. Волков .— Изд. 5-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2008 .— 248 с.
16.	Уилкинсон Дж. Алгебраическая проблема собственных значений / Дж. Уилкинсон. – М.: Наука, 1970. – 564 с.
17.	Рашиков, В.И. Численные методы решения физических задач : учебное пособие / В.И. Рашиков, А.С. Рошаль .— СПб. [и др.] : Лань, 2005 .— 204 с.
18.	Шевцов, Г.С. Численные методы линейной алгебры : учебное пособие для мат. направлений и специальностей / Г.С. Шевцов, О.Г. Крюкова, Б.И. Мызникова .— М. : Финансы и статистика : ИНФРА-М, 2008 .— 478 с.
19.	Зализняк, В.Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебное пособие для бакалавров / В.Е. Зализняк ; Сиб. федер. ун-т .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2012 .— 356 с.
20.	Шевченко Г.И. Численные методы [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Г.И. Шевченко, Т.А. Куликова. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 107 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62885.html
21.	Зенков А.В. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Зенков. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 124 с. — 978-5-7996-1781-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68315.html
22.	Краюткина Е.В. Численные методы в научных расчетах [Электронный ресурс] : учебное пособие. Курс лекций / Е.В. Краюткина. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 162 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62884.html
23.	Пименов В.Г. Численные методы. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Пименов. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2013. — 112 с. — 978-5-7996-1032-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68410.html

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
24.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
25.	http://www.moodle.vsu.ru
26.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека
27.	https://lanbook.com – ЭБС «Лань»
28.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
29.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Курганский, С.И. Задачи по численным методам. Учебно-методическое пособие для вузов / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев // Воронежский государственный университет. – Воронеж. – 2013. - 33 с. – URL : https://lib.vsu.ru/zgate?present+5585+default+61+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus
2.	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Д.В. Костин, М.Н. Небольсина .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 . Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-66.pdf
3.	Курганский, С.И.,. Вычислительные методы для физиков. Часть 1. Аппроксимация функций, численное дифференцирование / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1998. - 24 с.
4.	Курганский, С.И. Вычислительные методы для физиков. Часть 2. Численное интегрирование, численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1999. - 32 с.
5.	Курганский С.И. Вычислительные методы для физиков. Часть 3. Численные методы линейной алгебры, методы решения нелинейных уравнений / С.И Курганский, О.И. Дубровский, Л.И. Куркина. – Воронежский государственный университет. - 1999. - 16 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

№ п/п	Ресурс
1.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
2.	http://www.moodle.vsu.ru
3.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека
4.	https://lanbook.com – ЭБС «Лань»
5.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
6.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория компьютерных технологий, САПР и математического моделирования кафедры физики твердого тела и наноструктур. Для проведения лабораторных работ необходим компьютерный класс с лицензионным программным обеспечением

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-2, ПК-5	Знать: основные понятия и численные методы математического анализа,	Раздел 1. Натурный и вычислительный эксперимент. Математические модели. Методы численного анализа. Алгоритмы как форма и средство научных исследований. Источники погрешностей результатов вычислений. Ошибки	Комплект КИМ

<p>аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексной переменной, теории вероятностей и математической статистики, технологию работы на ПК в современных операционных средах;</p>		<p>округления. Корректность задач. Сходимость методов. Устойчивость методов и алгоритмов и обусловленность задач. Раздел 2. Линейная и полиномиальная интерполяция. Единственность интерполяционного полинома. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Остаточный член формулы Лагранжа. Выбор узлов интерполирования. Многочлены Чебышева. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционный многочлен Ньютона. Интерполяционная схема Эйткена. Кусочно-полиномиальная (сплайн) интерполяция. Граничные условия при построении сплайнов. Построение сплайна третьего порядка. Применения интерполяции при обработке экспериментальных данных. Построение эмпирических формул. Определение параметров эмпирической зависимости. Метод наименьших квадратов. Раздел 3. Аппроксимация производных. Производные и разделенные разности. Погрешность численного дифференцирования. Использование интерполяционных формул. Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов и для равноотстоящих узлов. Безразностные формулы численного дифференцирования. Раздел 4. Квадратурные формулы численного интегрирования. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формулы трапеций, Симпсона. Квадратурные формулы Гаусса. Сплайн-квадратуры. Правило Рунге. Схема Эйткена. Практическая реализация методов численного интегрирования: алгоритмы с автоматическим выбором шага и адаптивные алгоритмы. Вычисление кратных интегралов. Кубатурные формулы. Метод последовательного интегрирования. Методы Монте-Карло. Раздел 5. Задача Коши. Методы разложения в ряд Тейлора. Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты. Экстраполяционный и интерполяционный методы Адамса. Методы прогноза и коррекции. Дифференциальные уравнения высших порядков. Разностная схема Нумерова. Метод Нумерова. Краевая задача для дифференциальных уравнений второго порядка. Метод прогонки. Раздел 6. Прямые и итерационные методы. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод гауссова исключения. Алгоритм Гаусса с выбором главного элемента. Вычисление определителей. Метод квадратного корня. Треугольное разложение. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Нормы и обусловленность матриц. Метод простой итерации. Метод Зейделя. Сходимость итерационных методов. Задачи на собственные значения. Приведение матриц к трехдиагональному виду. Нахождение собственных значений и собственных векторов трехдиагональной матрицы. Раздел 7. Отделение и уточнение корней. Итерационные методы. Порядок сходимости.</p>	
<p>Уметь: использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов; использовать информационные технологии для решения физических и технических задач; адекватно ставить и решать задачи исследования сложных объектов на основе методов математического моделирования; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы;</p>			
<p>Владеть: навыками и методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, дифференциального и интегрального исчисления, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, математической логики, функционального анализа.</p>			

		Оценки погрешностей решения. Метод дихотомии. Метод хорд. Метод секущих. Метод касательных. Комбинированные методы.	
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание основных понятий и численных методов математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексной переменной, теории вероятностей и математической статистики, технологию работы на ПК в современных операционных средах;
- 2) умение использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов; использовать информационные технологии для решения физических и технических задач; адекватно ставить и решать задачи исследования сложных объектов на основе методов математического моделирования; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы;
- 3) владение навыками и методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, дифференциального и интегрального исчисления, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, математической логики, функционального анализа.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Натурный и вычислительный эксперимент.
2. Математические модели. Методы численного анализа. Алгоритмы как форма и средство научных исследований.
3. Источники погрешностей результатов вычислений. Ошибки округления.

4. Корректность задач. Сходимость методов. Устойчивость методов и алгоритмов и обусловленность задач.
5. Линейная и полиномиальная интерполяция. Единственность интерполяционного полинома.
6. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Остаточный член формулы Лагранжа.
7. Выбор узлов интерполирования. Многочлены Чебышева.
8. Разделенные разности и их свойства.
9. Интерполяционный многочлен Ньютона.
10. Интерполяционная схема Эйткена.
11. Кусочно-полиномиальная (сплайн) интерполяция. Граничные условия при построении сплайнов.
12. Построение сплайна третьего порядка.
13. Применения интерполяции при обработке экспериментальных данных.
14. Построение эмпирических формул.
15. Определение параметров эмпирической зависимости. Метод наименьших квадратов.
16. Аппроксимация производных. Производные и разделенные разности. Погрешность численного дифференцирования.
17. Использование интерполяционных формул. Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов и для равноотстоящих узлов.
18. Безразностные формулы численного дифференцирования.
19. Квадратурные формулы численного интегрирования.
20. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса.
21. Формулы трапеций, Симпсона.
22. Квадратурные формулы Гаусса.
23. Сплайн-квадратуры.
24. Правило Рунге. Схема Эйткена.
25. Практическая реализация методов численного интегрирования: алгоритмы с автоматическим выбором шага и адаптивные алгоритмы.
26. Вычисление кратных интегралов. Кубатурные формулы. Метод последовательного интегрирования.
27. Методы Монте-Карло.
28. Задача Коши. Методы разложения в ряд Тейлора.
29. Метод Эйлера.
30. Метод Рунге-Кутты.
31. Экстраполяционный и интерполяционный методы Адамса.
32. Методы прогноза и коррекции.
33. Дифференциальные уравнения высших порядков.
34. Разностная схема Нумерова. Метод Нумерова.
35. Краевая задача для дифференциальных уравнений второго порядка. Метод прогонки.
36. Прямые и итерационные методы. Решение систем линейных алгебраических уравнений.
37. Метод гауссова исключения. Алгоритм Гаусса с выбором главного элемента.
38. Вычисление определителей.
39. Метод квадратного корня. Треугольное разложение.
40. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Нормы и обусловленность матриц.
41. Метод простой итерации.
42. Метод Зейделя. Сходимость итерационных методов.
43. Задачи на собственные значения.
44. Приведение матриц к трехдиагональному виду. Нахождение собственных значений и собственных векторов трехдиагональной матрицы.
45. Отделение и уточнение корней. Итерационные методы. Порядок сходимости. Оценки погрешностей решения.
46. Метод дихотомии.
47. Метод хорд.
48. Метод секущих.
49. Метод касательных.
50. Комбинированные методы.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: *устного опроса и выполнения лабораторных работ.*

Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Программа рекомендована НМС физического факультета протокол № 1 от 27.02.2020