

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Физики твердого тела и наноструктур  
(П.В.Середин)  
\_\_\_\_\_.\_\_\_\_.20\_\_г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.30 Численные методы математическое моделирование

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.03.02

Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика твердого тела

3. Квалификация выпускника: Бакалавр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: \_\_\_\_\_

физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Курганский Сергей Иванович,

доктор физ.-мат. наук, профессор

7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ, протокол № 5 от 25.05.2023г.

8. Учебный год: 2023

Семестр: 5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

формирование у обучающихся знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для использования математического аппарата при освоении теоретических основ и практическом использовании физических методов.

*Задачи учебной дисциплины:*

- 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 различным моделям, осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы;
- развитие умения адекватно ставить и решать задачи исследования сложных объектов на основе методов математического моделирования;
- выработка навыков использования математического аппарата для решения физических и технических задач;
- развитие у обучающихся навыков использования информационных технологий для решения физических и технических задач и навыков практической работы с программными пакетами математического моделирования.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: обязательная часть блока Б1.

При изучении дисциплины студент закрепляет знания, умения и навыки, полученные при изучении математических и общепрофессиональных дисциплин и получает знания, умения и навыки, необходимые при изучении специальных дисциплин.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.5	Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Знать: способы рассмотрения и предложения возможных вариантов решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки
				Уметь: рассматривать и предлагать возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки
				Владеть: навыками рассмотрения и предложения возможных вариантов решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной	ОПК-1.2	Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Знать: физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера
				Уметь: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного

	деятельности			характера Владеть: навыками применения физических законов и математических методов для решения задач теоретического и прикладного характера
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1	Находит и критически анализирует научно-техническую информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Знать: способы нахождения и критического анализа научно-технической информации, необходимой для решения поставленной задачи
				Уметь: находить и критически анализировать научно-техническую информацию, необходимую для решения поставленной задачи
				Владеть: навыками нахождения и критического анализа научно-технической информации, необходимой для решения поставленной задачи
		ОПК-2.2	Определяет в рамках поставленной инженерной задачи совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих её достижение	Знать: способы определения в рамках поставленной инженерной задачи совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих её достижение
				Уметь: определять в рамках поставленной инженерной задачи совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих её достижение
				Владеть: навыками определения в рамках поставленной инженерной задачи совокупности взаимосвязанных задач, обеспечивающих её достижение
ОПК-2.3	Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач	Знать: способы определения ожидаемых результатов решения поставленных задач		
		Уметь: определять ожидаемые результаты решения поставленных задач		
		Владеть: навыками определения ожидаемых результатов решения поставленных задач		
ОПК-3	Владеет методами поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3.1	Использует информационно-коммуникационные технологии для поиска необходимой информации в своей предметной области	Знать: информационно-коммуникационные технологии для поиска необходимой информации в своей предметной области
				Уметь: использовать информационно-коммуникационные технологии для поиска необходимой информации в своей предметной области
				Владеть: навыками использования информационно-коммуникационных технологий для поиска необходимой информации в своей предметной области

		ОПК-3.2	Применяет современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации	Знать: современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации Уметь: применять современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации Владеть: навыками применения современных принципов поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации
--	--	---------	--	--

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

**Форма промежуточной аттестации Зачет с оценкой**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			4 семестр	№ семестра
Аудиторные занятия		84	84	
в том числе:	лекции	34	34	
	практические			
	лабораторные	50	50	
Самостоятельная работа		24	24	
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой				
Итого:		108	108	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных.	Основы теории погрешностей. Задача интерполяции. 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. Методы обеспечения информационной	–

		безопасности	
1.2	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.	–
1.3	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.	–
1.4	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.	–
1.5	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.	
1.6	Решение нелинейных уравнений.	Отделение и уточнение корней. Итерационные методы. Порядок сходимости. Оценки погрешностей решения. Метод дихотомии. Метод хорд. Метод секущих. Метод касательных. Комбинированные методы.	
<b>2. Лабораторные занятия</b>			
2.1	Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных.	Лабораторная работа 1. Интерполирование функций с помощью многочлена Лагранжа Лабораторная работа 2. Интерполирование функций с помощью многочлена Ньютона Лабораторная работа 3. Интерполирование функций с помощью схемы Эйткена Лабораторная работа 4. Построение сплайна третьего порядка Лабораторная работа 5. Обработка экспериментальных данных. Построение эмпирических формул. Лабораторная работа 6. Метод наименьших квадратов	–
2.2	Численное дифференцирование.	Лабораторная работа 7. Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов на основе интерполяционного многочлена Ньютона Лабораторная работа 8. Формулы численного	–

		дифференцирования для равноотстоящих узлов на основе интерполяционного многочлена Лагранжа	
2.3	Численное интегрирование.	Лабораторная работа 9. Вычисление определенных интегралов по формуле трапеций Лабораторная работа 10. Вычисление определенных интегралов по формуле Симпсона Лабораторная работа 11. Вычисление определенных интегралов по формулам Ньютона-Котеса пятого порядка Лабораторная работа 12. Вычисление определенных интегралов по формулам Гаусса	–
2.4	Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	Лабораторная работа 13. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Эйлера Лабораторная работа 14. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Рунге-Кутты Лабораторная работа 15. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Адамса Лабораторная работа 16. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу прогноза и коррекции	–
2.5	Вычислительные методы линейной алгебры.	Лабораторная работа 17. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу Гаусса Лабораторная работа 18. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу квадратного корня Лабораторная работа 19. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу простой итерации Лабораторная работа 20. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу Зейделя.	
2.6	Решение нелинейных уравнений.	Лабораторная работа 21. Решение нелинейных уравнений по методу бисекций Лабораторная работа 22. Решение нелинейных уравнений по методу простой итерации Лабораторная работа 23. Решение нелинейных уравнений по методу хорд 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 (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных.	6		10	4	20
2	Численное дифференцирование.	2		4	4	10
3	Численное интегрирование.	8		10	4	22
4	Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.	8		10	4	22
5	Вычислительные методы линейной	6		10	4	20

	алгебры.					
6	Решение нелинейных уравнений.	4		6	4	14
	Итого:	34		50	24	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

Дисциплина «Численные методы» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и 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 студентов. 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, участием в лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся 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 обучающегося 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 обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся 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 обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся 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 обучающимся 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 обучающегося 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).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Численных методов» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Численные методы» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 6 часов
подготовку к лабораторным занятиям	– 6 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 6 часов
подготовку к зачету	– 6 часов
итога	– 24 часа

## 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 : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+5585+default+61+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+5585+default+61+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
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 <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-66.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-66.pdf</a>
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.	Поршнева, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Текст] : .— Москва : Лань, 2011. — 736 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
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. Бормонтон. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. — 56 с. Режим доступа <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-151.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-151.pdf</a>

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 <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jun04003.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jun04003.pdf</a>
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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/62885.html">http://www.iprbookshop.ru/62885.html</a>
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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/68315.html">http://www.iprbookshop.ru/68315.html</a>
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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/62884.html">http://www.iprbookshop.ru/62884.html</a>
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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/68410.html">http://www.iprbookshop.ru/68410.html</a>

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

№ п/п	Ресурс
24.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
25.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
26.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека
27.	<a href="https://lanbook.com">https://lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
28.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
29.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»
30.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1.	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.
2.	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.
3.	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.
4.	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 : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+5585+default+61+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+5585+default+61+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
5.	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 <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-66.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-66.pdf</a>
6.	Основы моделирования в пакете MATLAB : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Ю.К. Николаенков, В.И. Ключин, Е.Н. Бормонтон .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 56 с. Режим доступа <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-151.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-151.pdf</a>
7.	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

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и 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.).

## 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. Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных.	УК-1	УК-1.5	Лаб. работы 1 – 6
		ОПК-1	ОПК-1.2	
		ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2	
2.	Численное дифференцирование.	УК-1	УК-1.5	Лаб. работы 7, 8
		ОПК-1	ОПК-1.2	
		ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2	
3.	Численное интегрирование.	УК-1	УК-1.5	Лаб. работы 9 – 12
		ОПК-1	ОПК-1.2	
		ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2	
4.	Методы решения	УК-1	УК-1.5	Лаб. работы 13 – 16

	обыкновенных дифференциальных уравнений.	ОПК-1	ОПК-1.2	
		ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2	
5.	Вычислительные методы линейной алгебры.	УК-1	УК-1.5	Лаб. работы 17 – 20
		ОПК-1	ОПК-1.2	
		ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2	
6.	Решение нелинейных уравнений.	УК-1	УК-1.5	Лаб. работы 21 – 24
		ОПК-1	ОПК-1.2	
		ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2	
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении лабораторных работ.

#### Перечень тем лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Интерполирование функций с помощью многочлена Лагранжа

Лабораторная работа 2. Интерполирование функций с помощью многочлена Ньютона

Лабораторная работа 3. Интерполирование функций с помощью схемы Эйткена

Лабораторная работа 4. Построение сплайна третьего порядка

Лабораторная работа 5. Обработка экспериментальных данных. Построение эмпирических формул.

Лабораторная работа 6. Метод наименьших квадратов

Лабораторная работа 7. Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов на основе интерполяционного многочлена Ньютона

Лабораторная работа 8. Формулы численного дифференцирования для равноотстоящих узлов на основе интерполяционного многочлена Лагранжа

Лабораторная работа 9. Вычисление определенных интегралов по формуле трапеций

Лабораторная работа 10. Вычисление определенных интегралов по формуле Симпсона

Лабораторная работа 11. Вычисление определенных интегралов по формулам Ньютона-Котеса пятого порядка

Лабораторная работа 12. Вычисление определенных интегралов по формулам Гаусса

Лабораторная работа 13. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Эйлера

Лабораторная работа 14. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Рунге-Кутты

Лабораторная работа 15. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу Адамса

Лабораторная работа 16. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений по методу прогноза и коррекции

Лабораторная работа 17. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу Гаусса  
 Лабораторная работа 18. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу квадратного корня  
 Лабораторная работа 19. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу простой итерации  
 Лабораторная работа 20. Решение систем линейных алгебраических уравнений по методу Зейделя.  
 Лабораторная работа 21. Решение нелинейных уравнений по методу бисекций  
 Лабораторная работа 22. Решение нелинейных уравнений по методу простой итерации  
 Лабораторная работа 23. Решение нелинейных уравнений по методу хорд  
 Лабораторная работа 24. Решение нелинейных уравнений по методу касательных

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных 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	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету

1. Основы теории погрешностей.
2. Задача интерполяции. Линейная и полиномиальная интерполяция. Единственность интерполяционного полинома.
3. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Остаточный член формулы Лагранжа.
4. Выбор узлов интерполирования. Многочлены Чебышева.
5. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционный многочлен Ньютона.
6. Интерполяционная схема Эйткена.
7. Кусочно-полиномиальная (сплайн) интерполяция. Граничные условия при построении сплайнов.
8. Построение сплайна третьего порядка. Применения интерполяции при обработке экспериментальных данных.
9. Построение эмпирических формул.
10. Определение параметров эмпирической зависимости. Метод наименьших квадратов.
11. Методы обеспечения информационной безопасности.
12. Аппроксимация производных. Производные и разделенные разности. Погрешность численного дифференцирования. Использование интерполяционных формул.

13. Формулы численного дифференцирования для неравноотстоящих узлов и для равноотстоящих узлов.
14. Безразностные формулы численного дифференцирования.
15. Квадратурные формулы численного интегрирования.
16. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формулы трапеций, Симпсона.
17. Квадратурные формулы Гаусса.
18. Сплайн-квадратуры.
19. Правило Рунге. Схема Эйткена.
20. Практическая реализация методов численного интегрирования: алгоритмы с автоматическим выбором шага и адаптивные алгоритмы.
21. Вычисление кратных интегралов. Кубатурные формулы. Метод последовательного интегрирования.
22. Методы Монте-Карло.
23. Задача Коши. Методы разложения в ряд Тейлора.
24. Метод Эйлера.
25. Метод Рунге-Кутты.
26. Экстраполяционный и интерполяционный методы Адамса.
27. Методы прогноза и коррекции.
28. Дифференциальные уравнения высших порядков.
29. Разностная схема Нумерова. Метод Нумерова.
30. Краевая задача для дифференциальных уравнений второго порядка. Метод прогонки.
31. Прямые и итерационные методы. Решение систем линейных алгебраических уравнений.
32. Метод гауссова исключения. Алгоритм Гаусса с выбором главного элемента.
33. Вычисление определителей.
34. Метод квадратного корня. Треугольное разложение.
35. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
36. Нормы и обусловленность матриц.
37. Метод простой итерации.
38. Метод Зейделя. Сходимость итерационных методов.
39. Задачи на собственные значения. Приведение матриц к трехдиагональному виду.
40. Нахождение собственных значений и собственных векторов трехдиагональной матрицы.
41. Отделение и уточнение корней.
42. Итерационные методы. Порядок сходимости. Оценки погрешностей решения.
43. Метод дихотомии.
44. Метод хорд.
45. Метод секущих.
46. Метод касательных.
47. Комбинированные методы.

### **Описание технологии проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет с оценкой. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Численные методы» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения практических работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Численные методы»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по практическим работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом

сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении практических работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Численные методы» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.