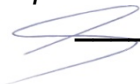


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Физики твердого тела и наноструктур
 (П.В. Середин)
05.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.10 Методы математического моделирования

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 11.04.04

Электроника и наноэлектроника

2. Профиль подготовки/специализация:

Интегральная электроника и наноэлектроника

3. Квалификация выпускника: *Магистр*

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 протокол №5 от 25.05.2023*

8. Учебный год: 2023–2024

Семестр: 1

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 в инженерной деятельности.

- расширить представления о возможностях математического моделирования, классификации математических моделей и области их применения;
- рассмотреть функциональную схему математического моделирования;
- изучение методов численного анализа; методов синтеза и исследования моделей;
- познакомить обучающихся с требованиями к программным комплексам для математического моделирования;
- овладеть навыками использования математического аппарата для решения физических и технических задач;
- овладеть навыками построения математических моделей, определяющих научную, практическую и экономическую эффективность решения различных задач по производству изделий электроники и наноэлектроники;
- овладеть навыками 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
ОПК-2	Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	ОПК-2.1	Применяет современные методы научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований	Знать: современные методы научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований
				Уметь: применять современные методы научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований
				Владеть: навыками применения современных методов научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований
		ОПК-2.2	Формулирует задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования	Знать: способы формулирования задач исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования
				Уметь: формулировать задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования
				Владеть: навыками формулирования задач

				исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования
		ОПК-2.3	Аргументирует и защищает результаты научных исследований	Знать: способы аргументирования и защиты результатов научных исследований Уметь: аргументировать и защищать результаты научных исследований Владеть: навыками аргументирования и защиты результатов научных исследований
ОПК-3	Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ОПК-3.1	Применяет современные информационные технологии для повышения эффективности научной и образовательной сфер деятельности	Знать: современные информационные технологии для повышения эффективности научной и образовательной сфер деятельности Уметь: применять современные информационные технологии для повышения эффективности научной и образовательной сфер деятельности Владеть: навыками применения современных информационных технологий для повышения эффективности научной и образовательной сфер деятельности
		ОПК-3.3	Предлагает на основе полученной информации новые идеи и оценивает возможность их реализации при решении инженерных задач в профессиональной сфере деятельности	Знать: способы предложения на основе полученной информации новых идей и оценки возможности их реализации при решении инженерных задач в профессиональной сфере деятельности Уметь: предлагать на основе полученной информации новые идеи и оценивает возможность их реализации при решении инженерных задач в профессиональной сфере деятельности Владеть: навыками предложения на основе полученной информации новых идей и оценки возможности их реализации при решении инженерных задач в профессиональной сфере деятельности

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

Форма промежуточной аттестации Экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
		По семестрам

	Всего	1 семестр	№ семестра	...
Аудиторные занятия	44	44		
в том числе:	лекции	14	14	
	практические			
	лабораторные	30	30	
Самостоятельная работа	28	28		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)	36	36		
Итого:	108	108		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Технология математического моделирования и ее этапы	Моделирование как метод познания. Классификация моделей и этапы разработки. Иерархический принцип построения математических моделей. Взаимосвязь моделей в цикле проектирования. Методы синтеза и исследования моделей.	–
1.2	Вычислительные методы в инженерных расчетах	Основы теории погрешностей. Аппроксимация функциональных зависимостей. Интерполяция. Обработка экспериментальных данных. Численное дифференцирование и интегрирование. Методы решения дифференциальных уравнений. Вычислительные методы линейной алгебры. Решение нелинейных уравнений.	–
1.3	Математические методы оптимального проектирования технических объектов и технологических процессов.	Критерии оптимальности технических объектов. Постановка задачи оптимального проектирования. Классификация методов оптимизации. Одномерная оптимизация. Задачи на экстремум. Методы поиска. Методы дихотомии, Фибоначчи и золотого сечения. Многомерная оптимизация. Метод покоординатного спуска. Метод градиентного спуска. Задачи с ограничениями. Нелинейная параметрическая оптимизация.	–
1.4	Программные пакеты компьютерного моделирования	Методы математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий. Пакет прикладных программ и интерактивная среда для решения задач технических вычислений MatLab. Инженерное математическое и программное обеспечение MathCAD. Программное обеспечение для системного проектирования LabView. Среда приборно-технологического проектирования Sentaurus TCAD. Программный пакет для расчетов атомной и электронной структуры и свойств наночастиц Gaussian. Программная среда для моделирования электронных свойств твердых тел и наносистем Wien2k. Интегрированная среда для моделирования электронной структуры и физических свойств материалов на наноуровне Quantum Espresso. Функционально-логическое и временное моделирование в среде САПР Quartus II.	–

2. Лабораторные занятия			
2.1	Технология математического моделирования и ее этапы		–
2.2	Вычислительные методы в инженерных расчетах	Лабораторная работа 1. Компьютерное моделирование одномерных процессов диффузии Лабораторная работа 2. Компьютерное моделирование многомерных процессов диффузии Лабораторная работа 3. Вычисление определенных интегралов по методу Ньютона-Котеса Лабораторная работа 4. Решение дифференциальных уравнений по методу прогноза и коррекции	–
2.3	Математические методы оптимального проектирования технических объектов и технологических процессов.	Лабораторная работа 5. Оптимизация атомной структуры кремниевых нанокластеров Лабораторная работа 6. Оптимизация атомной структуры кремний-металлических нанокластеров	–
2.4	Программные пакеты компьютерного моделирования	Лабораторная работа 7. Компьютерное моделирование электронной структуры и физических свойств нанокластеров Лабораторная работа 8. Компьютерное моделирование электронной структуры и физических свойств нанослоев Лабораторная работа 9. Оптимальное проектирование технологии, моделирование и исследование электрофизических параметров n-МОП структур Лабораторная работа 10. Компьютерное функционально-логическое моделирование и оптимизация временных характеристик программируемых логических интегральных схем	–

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	Технология математического моделирования и ее этапы	2			4	6
2	Вычислительные методы в инженерных расчетах	4		8	6	18
3	Математические методы оптимального проектирования технических объектов и технологических процессов.	4		8	6	18
4	Программные пакеты компьютерного моделирования	4		14	12	30
	Итого:	14		30	28	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Методы математического моделирования» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов

преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Методы математического моделирования» 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-магистров. 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 экзамена 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 «Методов математического моделирования» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Методы математического моделирования» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 8 часов
подготовку к лабораторным занятиям	– 10 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 10 часов
итога	– 28 часов

Подготовка к экзамену – 36 часов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Манякин, М.Д. Программный пакет Wien2K. Часть 1. Моделирование электронной структуры кристаллов. Зонная структура и плотность состояний: учебно-методическое пособие / М.Д. Манякин, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, С.И. Курганский // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2015- 48 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf
2.	Манякин, М.Д. Программный пакет Wien2K. Часть 2. Моделирование рентгеновских эмиссионных и абсорбционных спектров: учебно-методическое пособие / М.Д. Манякин, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, С.И. Курганский // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2017- 31 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-154.pdf
3.	Основы работы в среде приборно-технологической САПР SENTAURUS : учебно-методическое пособие / сост. : Р.П. Алексеев, Е.Н. Бормонтов, Г.В. Быкадорова, А.Ю. Ткачёв, А.Н. Цоцорин .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017 .— 96 с.
4.	Курганский, С.И. Разработка проектов в среде САПР QUARTUS II. Часть 1. Основные этапы проектирования: учебно-методическое пособие / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, М.Д. Манякин // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2016. - 34 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf
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.	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
7.	Численные методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. Ч. 1 / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Н.В. Сапкина .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017. Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-55.pdf
8.	Численные методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. Ч. 2 / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Н.В. Сапкина .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-138.pdf
9.	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.
10.	Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций : [учебное пособие для студ. вузов] / В.А. Срочко /.— СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 202 с.
11.	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.
12.	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

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
13.	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.

14.	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.
15.	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.
16.	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
17.	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
18.	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.
19.	Самарский, А.А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов .— Изд. 2-е, испр. — М. : Физматлит, 2005.— 316 с.
20.	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.
21.	Волков, Е.А. Численные методы : учебное пособие / Е.А. Волков .— Изд. 5-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2008 .— 248 с.
22.	Уилкинсон Дж. Алгебраическая проблема собственных значений / Дж. Уилкинсон. – М.: Наука, 1970. – 564 с.
23.	Рашиков, В.И. Численные методы решения физических задач : учебное пособие / В.И. Рашиков, А.С. Рошаль .— СПб. [и др.] : Лань, 2005 .— 204 с.
24.	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.
25.	Абрамов И. И. Лекции по моделированию элементов интегральных схем [учебное пособие] / И. И. Абрамов - М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. – 148 с.
26.	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
27.	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
28.	Крахоткина Е.В. Численные методы в научных расчетах [Электронный ресурс] : учебное пособие. Курс лекций / Е.В. Крахоткина. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 162 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62884.html
29.	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
30.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
31.	http://www.moodle.vsu.ru
32.	https://lanbook.com – ЭБС «Лань»
33.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
34.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
35.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека
36.	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Курганский, С.И. Разработка проектов в среде САПР QUARTUS II. Часть 1. Основные этапы проектирования: учебно-методическое пособие / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, М.Д. Манякин // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2016. - 34 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf
2.	Манякин, М.Д. Программный пакет Wien2K. Часть 1. Моделирование электронной структуры кристаллов. Зонная структура и плотность состояний: учебно-методическое пособие / М.Д. Манякин, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, С.И. Курганский // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2015- 48 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf
3.	Манякин, М.Д. Программный пакет Wien2K. Часть 2. Моделирование рентгеновских эмиссионных и абсорбционных спектров: учебно-методическое пособие / М.Д. Манякин, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, С.И. Курганский // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2017- 31 с. –

	URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-154.pdf
4.	Быкадорова Г.В. Практикум по курсу "Проектирование и технология электронной компонентной базы" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. 1 к. очной формы обучения физ. фак. ; для направления 210100 - Электроника и нанoeлектроника (профили подготовки Микроэлектроника и твердотельная электроника, Нанoeлектроника)] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : Г.В. Быкадорова, А.Ю. Ткачев. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014 . – 32 с.
5.	Курганский, С.И. Методы зонной теории. Часть 1. Методические указания по курсу «Вычислительные методы в теории твердого тела» / С.И. Курганский, Н.С. Переславцева, О.И. Дубровский. – Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2006. - 20 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/sep06011.pdf
6.	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.
7.	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.
8.	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.
9.	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
10.	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
11.	Численные методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. Ч. 1 / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Н.В. Сапкина. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017. Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-55.pdf
12.	Численные методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. Ч. 2 / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Н.В. Сапкина. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. Режим доступа http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-138.pdf

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:

Лекционные занятия и аудитория для самостоятельной работы - лаборатория компьютерных технологий, САПР и математического моделирования (к.19), оснащена Computeraми Pentium Intel Core Duo - 8 шт., Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019;

Wien2k, рег. № лицензии W2k-3039; Gaussian 09 Rev D.01 S/N FA7355682010; GaussView S/N FA7139344060, QuartusII version 9.1 Лицензия Build 304 01/25/2010 Web Edition

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.	Технология математического моделирования и ее этапы	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Устный опрос
2.	Вычислительные методы в инженерных расчетах	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лаб. работы 1 – 4
3.	Математические методы оптимального проектирования технических объектов и технологических процессов.	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лаб. работы 5, 6
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.3	
4.	Программные пакеты компьютерного моделирования	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лаб. работы 7 – 10
		ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.3	
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

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. Компьютерное моделирование одномерных процессов диффузии

Лабораторная работа 2. Компьютерное моделирование многомерных процессов диффузии

Лабораторная работа 3. Вычисление определенных интегралов по методу Ньютона-Котеса

Лабораторная работа 4. Решение дифференциальных уравнений по методу прогноза и коррекции

Лабораторная работа 5. Оптимизация атомной структуры кремниевых нанокластеров

Лабораторная работа 6. Оптимизация атомной структуры кремний-металлических нанокластеров

Лабораторная работа 7. Компьютерное моделирование электронной структуры и физических свойств нанокластеров

Лабораторная работа 8. Компьютерное моделирование электронной структуры и физических свойств нанослоев

Лабораторная работа 9. Оптимальное проектирование технологии, моделирование и исследование электрофизических параметров n-МОП структур

Лабораторная работа 10. Компьютерное функционально-логическое моделирование и оптимизация временных характеристик программируемых логических интегральных схем

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:

Комплект КИМ

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Моделирование как метод познания. Классификация моделей и этапы разработки.
2. Компьютерное функционально-логическое моделирование программируемых логических интегральных схем в среде САПР Quartus II.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Иерархический принцип построения математических моделей. Взаимосвязь моделей в цикле проектирования.
2. Системные средства САПР TCAD.

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Методы синтеза и исследования моделей.
2. Компьютерное моделирование электронных свойств двумерных наноструктур.

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Основы теории погрешностей.
2. Программная среда для моделирования электронных свойств твердых тел и наносистем Wien2k.

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Обработка экспериментальных данных.
2. Оптимизация временных характеристик программируемых логических интегральных схем в среде САПР Quartus II.

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Численное дифференцирование и интегрирование.
2. Интегрированная среда для моделирования электронной структуры и физических свойств материалов на наноуровне Quantum Espresso.

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Физическое и математическое моделирование процессов в микроэлектронике как инструмент оптимизации параметров ИС
2. Инженерное математическое и программное обеспечение MathCAD

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Методы решения дифференциальных уравнений.
2. Критерии оптимальности технических объектов. Постановка задачи оптимального проектирования.

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Вычислительные методы линейной алгебры.
2. Программное обеспечение для системного проектирования LabView.

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Решение нелинейных уравнений.
2. Компьютерное моделирование и оптимизация атомной структуры и исследование электронных свойств нанокластеров.

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Одномерная оптимизация. Методы дихотомии, Фибоначчи и золотого сечения.
2. Методы математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий.

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Классификация методов оптимизации. Одномерная оптимизация. Задачи на экстремум.
2. Пакет прикладных программ и интерактивная среда для решения задач технических вычислений MatLab.

Контрольно-измерительный материал № 13

1. Многомерная оптимизация. Метод покоординатного спуска. Метод градиентного спуска.
2. Среда приборно-технологического проектирования Sentaurus TCAD.

Контрольно-измерительный материал № 14

1. Задачи с ограничениями. Нелинейная параметрическая оптимизация.
2. Программный пакет для расчетов атомной и электронной структуры и свойств наночастиц Gaussian.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

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

Оценка уровня освоения дисциплины «Методы математического моделирования» осуществляется по следующим показателям:

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

Критерии оценки освоения дисциплины «Методы математического моделирования»:

– 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 лабораторным 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 лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Методы математического моделирования» 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.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
шифр и наименование направления/специальности

Дисциплина: Б1.О.10 Методы математического моделирования
код и наименование дисциплины

Профиль подготовки: Интегральная электроника и наноэлектроника
в соответствии с Учебным планом

Форма обучения: очная

Учебный год: 2023-2024

Ответственный исполнитель -

Зав.кафедрой ФТТиНС _____ (Э.П. Домашевская) 31.08.2023
должность, подразделение *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

Профессор каф. ФТТиНС _____ (С.И. Курганский) 31.08.2023
должность, подразделение *подпись* *расшифровка подписи*

_____ *подпись* _____ *расшифровка подписи* _____.__ 20__

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО _____ (Г.В. Быкадорова) 31.08.2023
направления 11.04.04 *подпись* *расшифровка подписи*

Зав.отделом _____ (Н.В. Белодедова) 31.08.2023
обслуживания ЗНБ *подпись* *расшифровка подписи*

Рекомендована НМС физического факультета, протокол № 5 от 25.05.2023
(наименование факультета, структурного подразделения)