Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н. Стрельцов С. А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Стрельцов С. А.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы математического моделирования

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль: Микроэлектроника и наноэлектроника

Курс: 3, семестр : 5

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**5**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	72
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	16
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	из них практической подготовки, час.	34
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	2
11	Самостоятельная работа, час.	108
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	контр.
13	Вид аттестации	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

ФГОС введен в действие приказом №927 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-5/НА Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
	ПК-5/НА. 1 Владеет навыками компьютерного моделирования
	ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков
Универсальные компетенции	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
	УК-1. 1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-5/НА. 1 Владеет навыками компьютерного моделирования	
Знать основные особенности научных компьютерных вычислений	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать численные модели в форме СЛАУ и основные методы их решения	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать численные модели в форме нелинейных уравнений и основные методы их решения	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать численные модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) и основные методы их решения	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	
Уметь численно находить решения численных моделей в форме СЛАУ, систем нелинейных уравнений и ОДУ	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Уметь управлять параметрами численных методов с целью для нахождения решений СЛАУ, нелинейных систем и ОДУ	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Уметь применять математические модели в микро и наноэлектронике	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
УК-1. 1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.	
Знать основные особенности математического моделирования и вычислительного эксперимента	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать иерархию математических моделей и схему их классификаии	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знать основные характерные математические модели в микро и наноэлектронике	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

Знать терминологию дисциплины	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Математическое моделирование и вычислительный эксперимент					
1. Математическая модель и математическое моделирование	2	0	0	УК-1.1	Первые понятия о математическом моделировании. Третья основа научного познания мира. Основные этапы. Черный ящик. Прямая и обратная задачи. Основные характеристики математической модели.Понятия - "катастрофа от изобилия" и "открытие на кончике пера". Анализ математической модели. Теория размерностей. Асимптотика. Понятие о корректно поставленной задаче.Общая схема классификации математических моделей. Факторы моделирования.

2. Примеры математических моделей в микро и наноэлектроники	4	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Пример 1: модель диффузии легирующей примеси в полупроводниковом кристалле; одномерные краевые задачи для модели диффузии, имеющие аналитическое решение. Пример 2: уравнение непрерывности для электронов и дырок с учетом процессов генерации-рекомбинации. Пример 3: Трехмерное уравнение теплопроводности (переноса тепла). Пример 4: модель процесса термического окисления Дила-Гроува в трех формах. Пример 5: Модель диффузии, совместной с процессом термического окисления. Условие Аталлы-Танненбаума.
3. Вычислительный эксперимент	2	0	0	ПК-5/НА.2, УК-1.1	Вычислительный эксперимент. Факторы эффективности. Этапы. Современные особенности. Сравнение вычислительного эксперимента с натуральным экспериментом
Дидактическая единица: Основные особенности научных компьютерных вычислений					
4. Специфические особенности компьютерных вычислений	2	0	0	ПК-5/НА.1, УК-1.1	Специфические особенности компьютерного моделирования. Обусловленность. Классы погрешностей. Вычислительная машинная погрешность. Компьютерное множество FL(R). Два класса параметров для его описания. Понятие о машинном эпсилон. Стандарт IEEE 754. Одинарная и двойная точность на PC. Нарушение законов ассоциативности и дистрибутивности при компьютерных вычислениях.

5. Примеры особенностей компьютерных научных вычислений	2	0	0	ПК-5/НА.1, УК-1.1	Пример 1: ошибки при нахождении корней многочлена, обусловленные конечностью длины мантиссы. Пример 2: Плохообусловленные СЛАУ. Пример 3: влияние формы записи и рационального приближения корня из 2 на результат вычисления алгебраической дроби в зависимости от используемого алгоритма. Пример 4: вычисление значений exp(x) и sin(x) путем использования их разложения в ряд Тейлора. Пример 5. суперпозиция ошибок округления и математического приближения при вычислении производной на основе разностных вычислений. Пример 6: Ошибки, обусловленные использованием рекуррентных формул при вычислении интегралов. Пример 7: Распространение ошибок в начальных данных при решении задачи Коши для ОДУ.
Дидактическая единица: Численные модели в форме СЛАУ					
6. Примеры численных моделей в форме СЛАУ	4	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Пример 1: СЛАУ при решении задачи многочленной интерполяции. Пример 2. СЛАУ при решении задачи аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Пример 3. СЛАУ при решении одномерной двухточечной краевой задачи. Понятие о разряженных матрицах. Пример 4: СЛАУ на основе сетевых моделей.

7. Численные особенности и методы решения СЛАУ	4	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Вычислительные особенности СЛАУ. Понятия о векторах ошибки и невязки. Число обусловленности. Оценки векторов ошибки и невязки.Вычислительная неэффективность правил Крамера. Прямые численные методы: метод Гаусса, понятие факторизации, методики выбора ведущего элемента, условия сходимости; Метод трехдиагональной прогонки. Понятие об итерационных численных методах. Основные методы завершения итерационного процесса. Итерационный метод простой итерации. Условия сходимости. Итерационный метод Гаусса-Зейделя. Ускорение сходимости методом релаксации.
Дидактическая единица: Численные модели в форме нелинейных уравнений					
8. Примеры моделей в форме нелинейных уравнений и систем	2	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Пример 1: модель глубины p-n-перехода. Пример 2: Модель промерзания земли. Оценка возраста Земли по методике Кельвина. Пример 3. Модель ВАХ реального диода с учетом сопротивления базы. Пример 4: Численная электрофизическая модель границ ОПЗ p-n-перехода. Пример 5: модель для концентраций электронов и дырок в равновесном полупроводнике. Пример 6: модель положения уровня Ферми в примесном полупроводнике. Пример 7: численная нелинейная модель при решении уравнения Пуассона.

9. Численные методы для решения нелинейных уравнений и систем	4	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Особенности численных методов решения нелинейного уравнения. Метод биекции. Метод Ньютона (метод касательных). Метод секущих (метод хорд). Метод простой итерации. Метод Ньютона для численного решения системы нелинейных уравнений. Матрица Якоби. Метод простой итерации для численного решения системы нелинейных уравнений
Дидактическая единица: Численные модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)					
10. Модели в форме задачи Коши для ОДУ	2	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Основные понятия о задаче Коши. Простейшие модели в форме ОДУ: модель Бургера-Ламберта; модель RC-цепочки, Модель о релаксации избыточных неосновных носителей, генерируемых световой засветкой тонкой полупроводниковой пластины. Химико-технологические модели в форме задачи Коши: модель о растворении сахара; модель автокаталитической реакции; модель кинетической реакции 2-го порядка. Численная кинетическая модель о концентрации озона в атмосфере. Биологические модели роста: модель "хищник-жертва" Лотки -Вольтерра; модель роста населения Земли.

11. Модели в форме двухточечной краевой задачи	4	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Математические особенности двухточечной краевой задачи. Простейшая модель на основе уравнения Шредингера. Модель о переносе тепла в тонком стержне, находящемся в режиме стационарного теплообмена с окружающей средой. Модель процесса диффузии, сопровождающейся химической реакцией. Модель о боковой засветке полупроводниковой пластины. Модель световой засветки тонкой полупроводниковой пластины с учетом процесса поверхностной рекомбинации на боковой грани пластины. Модель затягивания неосновных носителей в объем полупроводника под действием диффузионно-дрейфового механизма переноса. Модификация понятия диффузионной длины. Модель о распределении потенциала в полупроводнике под действием электрического поля у поверхности (эффект поля).

12. Особенности численных методов для ОДУ	4	0	0	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Основные понятия метода сеток: сеточная функция и разностная схема; сходимость, аппроксимация, невязка и устойчивость; основная теорема теории разностных схем. Порядок аппроксимации и сходимость метода Эйлера. Простейший пример конечно-разностной схемы для задачи Коши. Случай численной неустойчивости. Порядок аппроксимации неявной схемы Эйлера и схемы с центральными разностями. Необходимое условие устойчивости разносной схемы для линейных задач. Исследование устойчивости схем Эйлера и схемы с центральными разностями. Одношаговые методы второго порядка: схемы Хьюна и Кранка-Николсона. Одношаговые численные методы класса Рунге-Кутта. Многошаговые численные методы класса Адамса.

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Математическое моделирование и вычислительный эксперимент					
1. Модели диффузионных процессов для планарной технологии	4	4	1	ПК-5/НА.2, УК-1.1	Исследование 1D и 3D модели диффузионных процессов в кремнии на основе моделей постоянного и эффективного коэффициента диффузии на основе аналитических приближений.
2. Модели термического окисления кремния	4	4	1	ПК-5/НА.2, УК-1.1	Исследование моделей термического окисления кремния для трех форм записи в приближении Дила-Гроува в различных окислительных атмосферах. Модификация модели в форме Массауда.
Дидактическая единица: Основные особенности научных компьютерных вычислений					

3. Особенности научных компьютерных вычислений	4	4	1	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Исследование точности компьютерных вычислений для различных алгоритмов, используемых в научных исследованиях.
Дидактическая единица: Численные модели в форме нелинейных уравнений					
4. Численные методы в моделировании	4	4	1	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Исследование основных численных методов, используемых при анализе моделей в форме СЛАУ, нелинейных уравнений и систем.

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Математическое моделирование и вычислительный эксперимент					

1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	4	3	0	ПК-5/НА.2, УК-1.1	Первые понятия о математическом моделировании. Третья основа научного познания мира. Основные этапы. Черный ящик. Прямая и обратная задачи. Основные характеристики математической модели.Понятия - "катастрофа от изобилия" и "открытие на кончике пера". Анализ математической модели. Теория размерностей. Асимптотика. Понятие о корректно поставленной задаче.Общая схема классификации математических моделей. Факторы моделирования. Модель диффузии легирующей примеси в полупроводниковом кристалле; одномерные краевые задачи для модели диффузии, имеющие аналитическое решение. Уравнение непрерывности для электронов и дырок с учетом процессов генерации-рекомбинации. Трехмерное уравнение теплопроводности (переноса тепла). Модель процесса термического окисления Дила-Гроува в трех формах. Пример 5: Модель диффузии, совместной с процессом термического окисления. Условие Аталлы-Танненбаума. Вычислительный эксперимент. Факторы эффективности. Этапы. Современные особенности. Сравнение вычислительного эксперимента с натуральным эк
Дидактическая единица: Основные особенности научных компьютерных вычислений					

2. Основные особенности научных компьютерных вычислений	3	3	1	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Специфические особенности компьютерного моделирования. Обусловленность. Классы погрешностей. Вычислительная машинная погрешность. Компьютерное множество FL(R). Два класса параметров для его описания. Понятие о машинном эпсилон. Стандарт IEEE 754. Одинарная и двойная точность на PC. Нарушение законов ассоциативности и дистрибутивности при компьютерных вычислениях. Ошибки при нахождении корней многочлена, обусловленные конечностью длины мантиссы. Плохообусловленные СЛАУ. Влияние формы записи и рационального приближения корня из 2 на результат вычисления алгебраической дроби в зависимости от используемого алгоритма. Вычисление значений exp(x) и sin(x) путем использования их разложения в ряд Тейлора. Суперпозиция ошибок округления и математического приближения при вычислении производной на основе разностных вычислений. Пример 6: Ошибки, обусловленные использованием рекуррентных формул при вычислении интегралов. аспространение ошибок в начальных данных при решении задачи Коши для ОДУ.
Дидактическая единица: Численные модели в форме СЛАУ					

3. Численные модели в форме СЛАУ	3	4	1	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	СЛАУ при решении задачи многочленной интерполяции. СЛАУ при решении задачи аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов. СЛАУ при решении одномерной двухточечной краевой задачи. Понятие о разряженных матрицах. СЛАУ на основе сетевых моделей. Вычислительные особенности СЛАУ. Понятия о векторах ошибки и невязки. Число обусловленности. Оценки векторов ошибки и невязки.Вычислительная неэффективность правил Крамера. Прямые численные методы: метод Гаусса, понятие факторизации, методики выбора ведущего элемента, условия сходимости; Метод трехдиагональной прогонки. Понятие об итерационных численных методах. Основные методы завершения итерационного процесса. Итерационный метод простой итерации. Условия сходимости. Итерационный метод Гаусса-Зейделя. Ускорение сходимости методом релаксации.
Дидактическая единица: Численные модели в форме нелинейных уравнений					

4. Численные модели в форме нелинейных уравнений	3	4	1	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Модель глубины p-n-перехода. Модель промерзания земли. Оценка возраста Земли по методике Кельвина. Модель ВАХ реального диода с учетом сопротивления базы. Численная электрофизическая модель границ ОПЗ p-n-перехода. модель для концентраций электронов и дырок в равновесном полупроводнике. Модель положения уровня Ферми в примесном полупроводнике. Численная нелинейная модель при решении уравнения Пуассона. Особенности численных методов решения нелинейного уравнения. Метод биекции. Метод Ньютона (метод касательных). Метод секущих (метод хорд). Метод простой итерации. Метод Ньютона для численного решения системы нелинейных уравнений. Матрица Якоби. Метод простой итерации для численного решения системы нелинейных уравнений
Дидактическая единица: Численные модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)					

5. Численные модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	3	4	1	ПК-5/НА.1, ПК-5/НА.2, УК-1.1	Основные понятия о задаче Коши. Простейшие модели в форме ОДУ: модель Бургера-Ламберта; модель RC-цепочки, Модель о релаксации избыточных неосновных носителей, генерируемых световой засветкой тонкой полупроводниковой пластины. Химико-технологические модели в форме задачи Коши: модель о растворении сахара; модель автокаталитической реакции; модель кинетической реакции 2-го порядка. Численная кинетическая модель о концентрации озона в атмосфере. Биологические модели роста: модель "хищник-жертва" Лотки -Вольтерра; модель роста населения Земли. Математические особенности двухточечной краевой задачи. Простейшая модель на основе уравнения Шредингера. Модель о переносе тепла в тонком стержне, находящемся в режиме стационарного теплообмена с окружающей средой. Модель процесса диффузии, сопровождающейся химической реакцией. Модель о боковой засветке полупроводниковой пластины. Модель световой засветки тонкой полупроводниковой пластины с учетом процесса поверхностной рекомбинации на боковой грани пластины.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)

1	Модели диффузионных процессов для планарной технологии	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, а также освоение стандартных программных средств их компьютерного моделирования
2	Модели термического окисления кремния	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, а также освоение стандартных программных средств их компьютерного моделирования
3	Особенности научных компьютерных вычислений	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, а также освоение стандартных программных средств их компьютерного моделирования
4	Численные методы в моделировании	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники, а также освоение стандартных программных средств их компьютерного моделирования
5	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	Пр	Выполняет следующие виды работ: выбор методов решения задач математического моделирования для формирования умения строить физические и математические модели
6	Основные особенности научных компьютерных вычислений	Пр	Выполняет следующие виды работ: выбор методов решения задач при компьютерном моделировании для формирования умения строить физические и математические модели
7	Численные модели в форме СЛАУ	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ основных методов решения задач в форме СЛАУ для формирования умения строить физические и математические модели
8	Численные модели в форме нелинейных уравнений	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ основных методов решения задач в форме нелинейных уравнений для формирования умения строить физические и математические модели
9	Численные модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ основных методов решения задач в форме ОДУ для формирования умения строить физические и математические модели

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	Контрольные работы	ПК-5/НА.2	16	0
Работа с консппеском лекций, отчетами по лабораторным, литературой из интернета: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
2	Подготовка к занятиям	ПК-5/НА.1,УК-1.1	16	0
Работа с конспектом лекций, литературой и справочными данными: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
3	Дополнительная учебная деятельность	ПК-5/НА.2,УК-1.1	36	0
Выполнение дополнительных заданий по дисциплине: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
4	Подготовка к аттестации	ПК-5/НА.1,ПК-5/НА.2,УК-1.1	40	2
Подготовка к защите тем и зачету: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 5		
Лекция:	2	4
Лабораторная:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		
Практические занятия:	8	16
Контрольные работы:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля		
		Защита Л/Р	Контр. раб.	Зачет
ПК-5/НА	ПК-5/НА 1. Владеет навыками компьютерного моделирования	+		+
	ПК-5/НА 2. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	+	+	+
УК-1	УК-1 1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.	+		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Численные методы в уравнениях математической физики : учебное пособие / [М. Г. Персова и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2016.- 57, [2] с..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232319

2. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167179 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ивания С. П. Конспект лекций по дисциплине «Математическое моделирование физических процессов» [Электронный ресурс] : конспект лекций / С. П. Ивания ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2011].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161099.- Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Станкевич С. В. Математическое моделирование физических процессов : [учебное пособие] / С. В. Станкевич ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2020.- 118, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000242747

2. Кузоватов, И. А. Математика. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных : учебное пособие / И. А. Кузоватов, Н. В. Кузоватова, А. Н. Полковников. — Красноярск : СФУ, 2020. — 78 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/181660 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Сирота, Д. Ю. Спецглавы математики (математическое программирование). Численные методы : учебное пособие / Д. Ю. Сирота. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2015. — 109 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/69521 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Бурьков, Д. В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем : учебное пособие / Д. В. Бурьков, Ю. П. Волощенко. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. — 159 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/107953.html (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Богун, В. В. Численные методы. Исследование функций вещественного переменного с применением программ для ЭВМ : практикум / В. В. Богун. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 84 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/92642.html (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

Интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система НГТУ [Электронный ресурс]. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011-2017. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/. - Загл. с экрана.

2. Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - ЭБС "Лань", 2016. - Режим доступа : http://e.lanbook.com. - Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – Текст : электронный / Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью Компания «Ай Пи Ар Медиа». – URL: http://www.iprbookshop.ru/ (дата обращения: 26.02.2021).

4. Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - Научно-издательский центр Инфра-М, 2011-2017. - Режим доступа: http://znanium.com/. - Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

2 MathCAD - это интегрированная система программирования, ориентированная на проведение математических и инженерно-технических расчетов. PTC MathCAD

3 НГТУ DiSpace - среда электронного обучения НГТУ

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet