



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование физических процессов в среде MathCad

Кафедра инженерной физики

Образовательная программа
11.03.04- Электроника и нанoeлектроника

Профили подготовки:
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная

Махачкала 2021

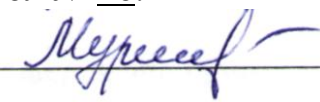
Рабочая программа составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС 3++ ВО по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника** (уровень бакалавриата), утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 927 (Изменения в ФГОСВО, внесенные приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «8» февраля 2021 г. №83).

Разработчик (и): кафедра инженерной физики, Исмаилова Н.П., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от « 29 » 06 2021 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 30 » 06 2021 г., протокол № 10.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 9 » 07 2021 г. 

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриат
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины
4. Объем, структура и содержание дисциплины
5. Образовательные технологии
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины
 - 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
 - 7.2. Типовые контрольные задания
 - 7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «**Моделирование физических процессов в среде MathCad**» входит в *вариативную часть* образовательной программы бакалавриата по направлению *11.03.04 Электроника и нанoeлектроника*.

Дисциплина реализуется на *физическом факультете* кафедрой *инженерной физики*.

Курс «**Моделирование физических процессов в среде MathCad**» рассчитан на студентов третьего курса Дагестанского государственного университета, при нормативной длительности освоения программы по очной форме обучения – 4 года. Курс рассчитан на один семестр.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с моделированием процессов формирования слоев полупроводниковых приборов, моделирование процессов травления и осаждения, фотолитографии, моделирование процессов выращивания монокристаллов из расплава, методы моделирования процесса ионной имплантации, методы моделирования процесса диффузии примесей.

Приводятся необходимые сведения по физическим основам процессов и методам математического моделирования этих процессов.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: **общепрофессиональных–ОПК-2; профессиональных–ПК-2.1; ПК-2.2.**

ОПК -2 - Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

ПК – 2.1 - Способен проводить предварительные измерения опытных образцов изделий «система в корпусе»

ПК – 2.2 - Способен обработать результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий «система в корпусе».

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные занятия, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: тестирование, индивидуальное собеседование, письменные контрольные задания и пр. и *итоговый контроль в форме экзамена.*

Объем дисциплины 6 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
	Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
5	206	96	18	34	42	36	2	74	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины: «Моделирование физических процессов в среде MathCad формирование представлений о возможности использования ЭВМ на различных этапах решения физической задачи, знакомство и формирование умений использования компьютерного моделирования при анализе физических процессов. Изучение современных систем математического моделирования и оптимизации технологических процессов, используемых в производстве изделий твердотельной электроники, а также планирования экспериментальной работы и обработки экспериментальных данных с использованием электронно-вычислительных машин.

Задачей дисциплины «**Моделирование физических процессов в среде MathCAD**» является:

обучение студентов применять методы вычислительной математики, компьютерного моделирования для решения физических задач, специальные методы решения краевых и нестационарных задач;

обучение построению модели физического процесса или явления, отражающей в математической форме важнейшие его свойства, присущие составляющим его частям связи и т.д;

обучение исследованию математическими методами свойств модели для получения сведений об объекте исследования; обучение выбору (или разработке) алгоритма для реализации модели на компьютере и созданию соответствующих компьютерных программ;

обучение планированию эксперимента и обработке экспериментальных данных с использованием пакетов прикладных программ.

Основные разделы программы курса:

- Основы математического моделирования.
- Элементы регрессионного анализа и планирования эксперимента.
- Основы работы с математической системой MathCAD.
- Моделирование физических и технологических процессов
- Основные методы математической обработки экспериментальных результатов

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина **«Моделирование физических процессов в среде MathCAD»** в структуре ОПОП ВО относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла

Для успешного изучения курса **«Моделирование физических процессов в среде MathCAD»** студенту необходима подготовка по следующим дисциплинам:

Математический анализ – фундаментальные основы высшей

математики, методы дифференциального и интегрального исчисления, методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядков. Уметь применять методы математического анализа при решении инженерных задач.

Физика - основные физические явления, законы и теории современной физики, а также методы физического исследования; владение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики; формирование навыков проведения физического эксперимента, умение выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности.

Информатика – основы алгоритмизации и программирования, практического использования современных информационных технологий для обработки данных и основами численных методов решения инженерных задач.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код и наименование компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС 3++	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции выпускника	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
--------------------------------	--------------------------------------	--	---

ОПК -2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;	ОПК-2.1. <i>Планирует экспериментальные исследования для решения поставленной задачи</i>	Знает: - методы планирования эксперимент для решения поставленной задачи Умеет: - рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Владеет: - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.
		ОПК – 2.2 <i>Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных</i>	Знает: - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Умеет: - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Владеет: - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных

			инженерных задач - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.
ПК- 2	Способен организовать измерения и испытания изделий «система в корпусе»	ПК-2.1. Способен проводить предварительные измерения опытных образцов изделий «система в корпусе»	Знает: -- методы и средства измерения параметров и характеристик электронных устройств в целом, отдельных узлов, блоков в процессе изготовления и эксплуатации, а также отдельных электронных компонентов изделий "система в корпусе"; -основы теории цепей; - основы аналоговой, импульсной и цифровой электроники; -физические принципы испытаний и измерений изделий "система в корпусе" и микросборок; - технический английский язык в области микро- и наноэлектроники; Умеет: -пользоваться измерительным оборудованием для проведения измерений изделий "система в корпусе"; -производить настройку и калибровку измерительного оборудования для проведения измерений изделий "система в

			корпусе"; -проводить измерения и испытания изделий "система в корпусе" и микросборок; -интерпретировать результаты измерения опытной партии изделий "система в корпусе" в соответствии с поставленной задачей; -оформлять протокол измерений и испытаний изделий "система в корпусе" и микросборок Владеет: - навыками подготовить оснастки и настройка необходимого измерительного оборудования для проведения измерений опытной партии образцов изделий "система в корпусе"; - опытом организовать калибровки и поверки измерительного оборудования; - опытом проводить измерений опытной партии образцов изделий "система в корпусе" согласно программе измерений и испытаний; - навыками формировать протокола измерений и испытаний опытной партии образцов изделий "система в корпусе".
--	--	--	---

		ПК- 2.2. Способен обработать результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий «система в корпусе»	Знает: - основы статистического контроля качества продукции; - основные компьютерные программы для статистического анализа данных; - физические принципы испытаний и измерений изделий "система в корпусе" и микросборок; - формы представления статистических данных; - технический английский язык в области микро- и нанoeлектроники; Умеет: - пользоваться методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации; - работать на персональном компьютере на уровне уверенного пользователя, применять специализированное программное обеспечение; - представлять статистические данные в виде таблиц, графиков, карт; - оценивать и сравнивать качество прогнозов изменения электрических характеристик изделий "система в корпусе" в процессе эксплуатации; - оценивать достоверность
--	--	---	---

			результатов статистического анализа. Владеет: - навыками проведения статистического анализа результатов измерений и испытаний выборки опытной партии образцов изделий "система в корпусе"; - навыками формирования заключения по данным статистического анализа результатов измерений и испытаний для выборки опытной партии образцов изделий "система в корпусе".
--	--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины. 4.1. Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
1	Модуль 1 Раздел 1. Основы математического моделирования.	5		2	4	6	6	12	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
2	Модуль 2. Раздел 2. Элементы регрессионного анализа и планирования эксперимента.	5		2	6	9	6	12	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)

3	Модуль 3 Раздел 3. Основы работы с математической системой MathCAD.	5		4	8	9	6	12	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
4	Модуль 4. Раздел 4. Моделирование физических и технологических процессов	5		6	8	9	6	12	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
5	Модуль 5. Раздел 5. Основные методы математической обработки экспериментальных результатов	5		8	8	9	6	12	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
6	Подготовка к экзамену (модуль)			-	-		6	14	(ДЗ), (С), (КСР)
	ИТОГО: 216ч	5		18	34	42	36	74	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Раздел 1. Основы математического моделирования.

Основы математического моделирования. Основные принципы моделирования.

Классификация математических моделей.

Этапы решения задач на ЭВМ

Раздел 2. Элементы регрессионного анализа и планирования эксперимента

Понятие о вычислительном физическом и технологическом эксперименте
построение регрессионных моделей

Регрессионный анализ при пассивном и активном факторном эксперименте,

Задачи оптимизации. Оптимизация технологических процессов.

Раздел 3. Основы работы с математической системой MathCAD.

Состав системы Mathcad. Панель инструментов «Математика» и его состав.

Построение 2D и 3D графики. Панель инструментов «Графика»

Реализация численных методов решения задач. Численные методы решения СЛАУ (точные и приближенные методы)

Реализация численных методов решения задач. Численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений.

Реализация численных методов решения задач. Численные методы решения дифференциальных уравнений.

Численные методы интегрирования.

Раздел 4. Моделирование физических и технологических процессов

Моделирование переходных процессов при коммутации электрической цепи

Расчет электрической цепи переменного тока

Теоретические основы процесса ионной имплантации. Методы моделирования процесса ионной имплантации

Теоретические основы процесса диффузии примесей. Методы моделирования процесса диффузии примесей. Особенности диффузии различных типов примеси

Моделирование процессов травления и осаждения, фотолитографии

Моделирование процессов выращивания монокристаллов из расплава

Раздел 5. Основные методы математической обработки экспериментальных результатов

Имитация результатов измерений в среде MathCAD.

Интерполирование функции с помощью полинома Лагранжа и формул Ньютона. Интерполирование сплайнами. Интерполирование периодической функции с помощью полинома Фурье.

Полиномная аппроксимация. Аппроксимация функции методом наименьших квадратов.

Экстраполяция функции

Подготовка к экзамену

Тема 1. Основы математического моделирования. Основные принципы моделирования.

Физическое моделирование. Математическое моделирование. Основные принципы моделирования. Определение и свойства моделей. Основные требования к модели. Построение математических моделей. Алгоритмизация математических моделей. Адекватность математических моделей реальным объектам.

Моделирование технологических процессов. Понятие о вычислительном эксперименте

Тема 2. Классификация математических моделей.

Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования: дескриптивные (описательные), оптимизационные, управленческие.

Классификация математических моделей в зависимости от методов реализации: аналитические (алгебраические и приближенные), алгоритмические (численные и имитационные).

Классификация математических моделей в зависимости от параметров модели: детерминированные и вероятностные.

по составу параметров: дискретные, непрерывные, качественные, количественные, смешанные.

Классификация математических моделей в зависимости от изменения параметров модели во времени: динамические (стационарные и нестационарные), статические.

Тема 3. Этапы решения задач на ЭВМ.

Постановка задачи и ее качественный анализ.

Построение математической модели. Математический анализ модели. Подготовка исходной информации. Определение входных и выходных параметров системы.

Подбор или разработка численных методов решения задачи.

Реализация решения задачи на ЭВМ.

Математическая обработка результатов численного решения задачи и их анализ.

Тема 4. Понятие о вычислительном физическом и технологическом эксперименте построение регрессионных моделей.

Понятие о вычислительном физическом и технологическом эксперименте.

Моделирование технологических процессов, основные понятия и свойства технологических систем.

Тема 5. Регрессионный анализ при пассивном и активном факторном эксперименте.

Построение регрессионных моделей. Построение регрессионных моделей. Однофакторные и многофакторные регрессионные модели. Регрессионный анализ при пассивном и активном факторном эксперименте.

Тема 6. Задачи оптимизации. Оптимизация технологических процессов.

Задачи оптимизации, постановка задач оптимизации. Численное решение задач оптимизации. Оптимизация технологических процессов. Решение задач оптимизации с помощью инструментальных средств.

Тема 7. Основы работы с математической системой MathCAD. Состав системы MathCAD. Панель инструментов «Математика» и его состав.

Основные компоненты системы **MathCAD**. Панель инструментов «Математика» и его состав:

Панель инструментов Calculator (калькулятор);

Панель инструментов Boolean (логика);

Панель инструментов Evalution (вычисления);

Панель инструментов Graph (графика);

Панель инструментов Matrix (матрица);

Панель инструментов Calculus(матанализ);

Панель инструментов Programming (программирование);

Панель инструментов Greek (греческий алфавит);

Панель инструментов Symbolic (символы).

Вычисление и математический анализ. Работа с массивами, векторами и матрицами, векторные и матричные функции, символьные вычисления, функции пользователя и рекурсивные функции сохранение и использование данных. Модульное программирование

Тема 8. Панель инструментов «Графика». Построение 2D и 3D графики в среде MathCAD.

Построение и форматирование объектов, графическая визуализация.

Построение 2D и 3D графики.

Двумерные графики (2D-графики):

- XY график (XY plot);
- полярный график (Polar Plot).

Трёхмерные графики (3D-графики):

- график трёхмерной поверхности (Surface Plot);
- график линий уровня (Contour Plot);
- трёхмерная гистограмма (3D Bar Plot);
- трёхмерное множество точек (3D Scatter Plot);
- векторное поле (Vector Field Plot).

Тема 9. Реализация численных методов решения задач. Численные методы решения СЛАУ (точные и приближенные методы).

Реализация точных методов. Реализация приближенных методов (метод итераций, метод касательных Ньютона, метод половинного деления, метод хорд, комбинированный метод хорд и касательных)

Тема 10. Реализация численных методов решения задач. Численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений.

Реализация точных методов. Реализация приближенных методов (метод итераций, метод касательных Ньютона, метод половинного деления, метод хорд, комбинированный метод хорд и касательных)

Тема 11. Реализация численных методов решения задач. Численные методы решения дифференциальных уравнений

Реализация численных методов решения дифференциальных уравнений :
Метод Эйлера, модифицированный метод Эйлера, метод Эйлера – Коши, метод Рунге Кутта

Тема 12. Численные методы интегрирования.

Метод прямоугольников (правых, левых, центральных). Метод трапеций. Метод Симпсона. Метод Монте Карло.

Тема 13. Теоретические основы процесса ионной имплантации.

Методы моделирования процесса ионной имплантации.

Ионная имплантация, механизмы торможения ионов. Теория Линдхарда-Шарффа-Шлотта, диффузионная модель Бирсака. Эффект каналирования. Системы координат при моделировании ионной имплантации. Моделирование ионной имплантации методом Монте-Карло. Аналитические аппроксимации распределения ионов. Функции Гаусса. Распределения Пирсона-IV. Аналитические аппроксимации распределения ионов, учитывающие эффект каналирования. Распределения постимплантационных дефектов. Особенности моделирования ионной имплантации в многослойных мишенях. Эффект распыления мишени. Имплантация и распыление; боковое уширение распределения ионов, диффузионные эффекты; отжиг имплантированных структур

Тема 14. Теоретические основы процесса диффузии примесей. Методы моделирования процесса диффузии примесей. Особенности диффузии различных типов примеси.

Основные механизмы диффузии примесей в кристаллической решетке. Связанная диффузия. Коэффициент диффузии, зависимость от температуры и концентрации носителей. Модель связанной диффузии, основные уравнения. Граничные и начальные условия в моделировании диффузии. Моделирование кластеризации примеси. Особенности диффузии различных типов примеси. Взаимное влияние примесей в процессе диффузии.

Неравновесные эффекты при диффузии, двумерное моделирование диффузионных процессов, диффузия при низкой и высокой концентрации примеси, система моделирования диффузионных процессов методом конечных элементов.

Тема 15. Моделирование процессов травления и осаждения, фотолитографии.

Физико-химические и геометрические модели травления/осаждения слоев. Алгоритм струны. Модель баллистического осаждения. Параметры моделей травления/осаждения. Основные этапы численного моделирования литографии. Расчет изображения на поверхности фоторезиста. Расчет интенсивности освещения в пленке фоторезиста. Моделирование процесса проявления.

Тема 16. Моделирование процессов выращивания монокристаллов из расплава

Влияние примесей на свойства получаемых монокристаллов. Поведение примесей при выращивании кристаллов из расплава. Коэффициент распределения. Выращивание монокристаллов с равномерным распределением примеси по поперечному сечению и длине. Оценка однородности полупроводников.

Тема 17. Основные методы математической обработки экспериментальных результатов

Имитация результатов измерений в среде MathCAD. Интерполяция функции. Интерполяция сплайнами. Интерполяция с помощью полинома Лагранжа. Интерполяция с помощью формул Ньютона.

Экстраполяция функции.

Аппроксимация функции методом наименьших квадратов. Полиномная аппроксимация функции.

Интерполирование функции с помощью полинома Лагранжа и формул Ньютона. Интерполирование периодической функции с помощью полинома Фурье.

Темы практических и семинарских занятий

Тема 1. Реализация численных методов решения задач в среде MathCAD . Численные методы решения СЛАУ (точные и приближенные методы).

Метод Крамера; Метод обратной матрицы; Метод Гаусса ;Метод Жордана- Гаусса; Метод итераций; Метод Зейделя

Тема 2. Реализация численных методов решения задач в среде MathCAD . Численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений.

Реализация точных методов. Реализация приближенных методов (метод итераций, метод касательных Ньютона, метод половинного деления, метод хорд, комбинированный метод хорд и касательных)

Тема 3. Реализация численных методов решения задач в среде MathCAD . Численные методы решения дифференциальных уравнений.

Реализация численных методов решения дифференциальных уравнений : Метод Эйлера, модифицированный метод Эйлера, метод Эйлера – Коши, метод Рунге Кутта.

Тема 4. Реализация численных методов интегрирования в среде MathCAD.

Метод прямоугольников (правых, левых, центральных). Метод трапеций. Метод Симпсона. Метод Монте Карло.

Тема 6. Основные методы математической обработки экспериментальных результатов.

Реализация методов в среде MathCAD.

Интерполирование функции с помощью полинома Лагранжа и формул Ньютона.

Интерполирование периодической функции с помощью полинома Фурье.

Аппроксимация функции методом наименьших квадратов

Экстраполяция функции

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.

Тема 1. MathCAD. Вычисление и математический анализ.

Работа с массивами, векторами и матрицами, векторные и матричные функции, символьные вычисления, функции пользователя и рекурсивные функции, сохранение и использование данных. Интегрирование и дифференцирование функций. Модульное программирование.

Тема 2. MathCAD. Панель инструментов «Графика». Построение и форматирование объектов, графическая визуализация. Построение 2D и 3D графики.

Тема 3. Обработка экспериментальных данных в среде **MathCAD**: метод наименьших квадратов, сглаживание, интерполяция, экстраполяция, аппроксимация.

Тема 4. Имитация результатов измерений в среде MathCAD с заданной погрешностью. Аппроксимация функции с помощью степенной функции.

Тема 5. Моделирование колебания физического маятника. Имитация результатов. Аппроксимация периодической функции с помощью полинома Фурье.

Тема 6. Моделирование переходных процессов при коммутации электрической цепи.

Тема 7. Расчет электрической цепи переменного тока.

Тема 8. Теоретические основы процесса диффузии примесей. Методы моделирования процесса диффузии примесей. Особенности диффузии различных типов примеси.

Тема 9. Моделирование процессов травления и осаждения, фотолитографии.

Тема 10. Теоретические основы процесса ионной имплантации. Методы моделирования процесса ионной имплантации.

Тема 11. Моделирование процессов выращивания монокристаллов из расплава.

ТЕМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Модуль 1.

1. Основы математического моделирования. Основные понятия.
2. Основные этапы решения задач на ЭВМ.
3. Основные принципы моделирования.
4. Принцип единства и множественности моделей.
5. Основные требования к модели.
6. Классификация и виды моделей.
7. Принцип аналогии моделей.
8. Алгоритмизация математических моделей
9. Моделирование технологических процессов, основные понятия и свойства технологических систем.
10. Понятие о вычислительном технологическом эксперименте.
11. Аналитические и численные методы в физике, компьютерное моделирование.
12. Общие вопросы методики решения задач и моделирование физических процессов.
13. Классификация физических задач, решение которых может быть выполнено методом компьютерного моделирования.
14. Виды компьютерного моделирования (виды алгоритмов): аналитическое (интегральное), дифференциальное, статистическое (метод Монте-Карло), графическое (анимация).
15. Компьютерные системы, используемые при моделировании: BASIC, Visual Basic, Pascal, MathCAD, Math LAB, Excel.

Модуль 2.

1. Что такое MathCAD. Состав системы MathCAD?
2. Панели инструментов в системе MathCAD.
3. Панель инструментов Математика и его состав.

4. Панель инструментов Графика. Какие типы графиков можно создавать в системе MathCAD.

5. Как осуществить вычисления в MathCAD? Вычисления в автоматическом режиме. Оптимизация вычислений. Выбор системы единиц.

6. Работа с массивами, векторами и матрицами, векторные и матричные функции.

7. Символьные вычисления. Команда Symbolically.

8. Вычисление производных.

9. Вычисление интегралов.

10. Вычисление сумм и произведений.

11. Матричные операции.

12. Встроенные функции MathCAD.

13. Построение двумерных и трехмерных графиков.

14. Программирование в среде MathCAD.

15. Задание программных модулей. Встроенные операторы.

Модуль 3.

1. Обработка данных и статистика. Линейная и сплайновая аппроксимация.

2. Аппроксимация периодической функции.

3. Аппроксимация методом наименьших квадратов.

4. Как осуществляется аппроксимация периодической функции при помощи полинома Фурье?

5. Как осуществляется полиномная аппроксимация результатов измерений?

6. С помощью, какой встроенной функции определяются оптимальные коэффициенты аппроксимации методом наименьших квадратов?

7. Регрессия. Выполнение линейной регрессии.

8. Реализация одномерной и многомерной полимерной регрессии.

9. Решение системы линейных алгебраических уравнений.
10. Решение нелинейных уравнений. Функции для решения систем нелинейных уравнений.
11. Интерполяция и экстраполяция функции.
12. Как определяется погрешность аппроксимации и как ее минимизировать?
13. С помощью, какой встроенной функции можно осуществить имитацию результатов измерений в среде Mathcad
14. Решение задач линейного программирования.
15. Задачи оптимизации. Решение задач оптимизации.
16. Регрессионный анализ при пассивном и активном факторном эксперименте.
17. Построение регрессионных моделей; оптимизация технологических процессов
18. Имитация результатов измерений в среде Mathcad.

Модуль 4.

Практические задания.

1. Анализ и расчет параметров четырехполюсника в среде Mathcad.
2. Анализ и расчет линейных цепей постоянного тока. Методом контурных токов в среде Mathcad.
3. Анализ и расчет линейных цепей гармонического тока. Методом контурных токов в среде Mathcad.
4. Анализ линейных цепей постоянного тока методом узловых потенциалов.
5. Анализ и расчет нелинейных цепей
6. Расчет электрических цепей переменного тока
7. Моделирование переходных процессов при коммутации электрической цепи
8. Теоретические основы процесса диффузии примесей. Методы

моделирования процесса диффузии примесей. Особенности диффузии различных типов примеси.

9. Теоретические основы процесса ионной имплантации. Методы моделирования процесса ионной имплантации.

10. Моделирование процессов выращивания монокристаллов из расплава
Влияние примесей на свойства получаемых монокристаллов

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины **«Моделирование физических процессов в среде MathCAD»** используются следующие образовательные технологии, базирующиеся на электронных средствах обработки и передачи информации:

Технология традиционного обучения. При проведении информационных и проблемных лекций, семинарских занятий с целью углубленного изучения вопросов дисциплины, практических заданий с использованием системы заданий: заданий-исследований, творческих, учебно-тренировочных.

Электронный учебник. Имеются и используются в учебном процессе электронные учебники по **«Моделирование физических процессов в среде MathCAD»**. Электронный учебник предназначен для самостоятельного изучения теоретического материала курса и построен на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории. Гипертекстовая структура позволяет обучающемуся определить не только оптимальную траекторию изучения материала, но и удобный темп работы, и способ изложения материала.

Компьютерная тестирующая система. Разработана и внедрена в учебный процесс компьютерная тестирующая система, которая обеспечивает, с одной стороны, возможность самоконтроля для обучаемого,

а с другой стороны используется для текущего или итогового контроля знаний студентов.

Презентация. Разработан электронный курс лекций по всем темам, с использованием электронных презентаций. Что улучшает восприятие материала, повышает мотивацию познавательной деятельности и способствует творческому характеру обучения.

Имитации. В ходе проведения практических занятий по дисциплине «**Моделирование физических процессов в среде MathCAD**» студенты получают навыки имитации результатов измерений, моделирования физических и технологических процессов в среде Mathcad, а так же навыки математической обработки полученных результатов имитация (аппроксимация, интерполяция, экстраполяция).

Учебно-исследовательская работа. В процессе изучения дисциплины используется данная форма практической самостоятельной работы студента, позволяющая студентам изучать научно-техническую информацию по заданной теме, моделировать физические и технологические процессы, проводить расчеты по разработанному алгоритму с применением ЭВМ и сертифицированного программного обеспечения, участвовать в экспериментах, анализировать и обрабатывать полученные результаты. Результаты исследований представляются на научно-практических конференциях.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 70% лекционных занятий.

По лекционному материалу подготовлено учебное пособие, конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть

теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины «**Моделирование физических процессов в среде MathCAD**» предполагает следующие формы: подготовка к аудиторным занятиям, написание реферата и разработка мини-проекта.

1. Подготовка к аудиторным занятиям включает в себя изучение учебной, учебно-методической, научной литературы и конспектов лекций по данной теме (разделу) с целью формирования теоретических представлений по изучаемой проблеме; освоения методики проведения компьютерных экспериментальных исследований, решение самостоятельных экспериментальных задач компьютерного моделирования. *Содержание заданий определяется преподавателем с учетом дифференцированного и личностно-ориентированного подходов.*

Контроль качества и объема выполненных заданий осуществляется во время аудиторного занятия в форме собеседования и/или тестирования (компьютерное или бланковое).

2. Написание реферата осуществляется студентом по индивидуально выбранной теме из банка тем рефератов. Содержание и объем реферативной работы определяется преподавателем. Студент самостоятельно осуществляет поиск источников информационного сопровождения работы, критический анализ содержания полученной информации, оформление реферата.

Оценивание реферата осуществляется по единой для всех студентов системе критериев включающих: степень раскрытия темы (при изучении рукописи реферата), уровень владения материалом реферативной работы (в ходе защиты реферата и ответов на вопросы), композиция работы и качество её представления работы при защите.

Защита рефератов осуществляется по решению преподавателя публично во время лекции или практического занятия либо в индивидуальном порядке во внеаудиторное время.

3. Разработка мини-проекта осуществляется группой студентов не более 3 человек или индивидуально. Проект **обязательно должен носить исследовательский характер и включать деятельностную компоненту**: наблюдение, компьютерное моделирование, расчетную работу и т.п.). Тема проекта, задачи, содержание и структура определяется студентами самостоятельно в рамках изучаемого раздела.

Оценивание работы по разработке проекта осуществляется по единой для всех студентов системе критериев включающих: соответствие тематики проекта, изучаемому разделу (предварительно, до защиты), степень раскрытия темы (в ходе защиты), уровень владения материалом работы (в ходе защиты и ответов на вопросы), композиция презентации работы на защите.

Представление и защита проектов осуществляется по решению преподавателя публично во время лекции или практического занятия либо в индивидуальном порядке во внеаудиторное время.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций

обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных

программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции выпускника	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК -2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;	ОПК-2.1. <i>Планирует экспериментальные исследования для решения поставленной задачи</i>	Знает: - методы планирования эксперимент для решения поставленной задачи Умеет: - рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Владеет: - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.

		ОПК – 2.2 <i>Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных</i>	Знает: - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Умеет: - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Владеет: - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных инженерных задач - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.
ПК- 2	Способен организовать измерения и испытания изделий «система в корпусе»	ПК-2.1. <i>Способен проводить предварительные измерения опытных образцов изделий «система в корпусе»</i>	Знает: -- методы и средства измерения параметров и характеристик электронных устройств в целом, отдельных узлов, блоков в процессе изготовления и эксплуатации, а

			также отдельных электронных компонентов изделий "система в корпусе"; -основы теории цепей; - основы аналоговой, импульсной и цифровой электроники; -физические принципы испытаний и измерений изделий "система в корпусе" и микросборок; - технический английский язык в области микро- и нанoeлектроники; Умеет: -пользоваться измерительным оборудованием для проведения измерений изделий "система в корпусе"; -производить настройку и калибровку измерительного оборудования для проведения измерений изделий "система в корпусе"; -проводить измерения и испытания изделий "система в корпусе" и микросборок; -интерпретировать результаты измерения опытной партии изделий "система в корпусе" в соответствии с поставленной задачей; -оформлять протокол измерений и испытаний изделий "система в корпусе" и
--	--	--	--

			микросборок Владеет: - навыками подготовить оснастки и настройка необходимого измерительного оборудования для проведения измерений опытной партии образцов изделий "система в корпусе"; - опытом организовать калибровки и поверки измерительного оборудования; - опытом проводить измерений опытной партии образцов изделий "система в корпусе" согласно программе измерений и испытаний; - навыками формировать протокола измерений и испытаний опытной партии образцов изделий "система в корпусе".
		ПК- 2.2. Способен обработать результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий «система в корпусе»	Знает: - основы статистического контроля качества продукции; - основные компьютерные программы для статистического анализа данных; - физические принципы испытаний и измерений изделий

			"система в корпусе" и микросборок; - формы представления статистических данных; - технический английский язык в области микро- и наноэлектроники; Умеет: - пользоваться методами сбора, анализа и обобщения научно-технической информации; - работать на персональном компьютере на уровне уверенного пользователя, применять специализированное программное обеспечение; - представлять статистические данные в виде таблиц, графиков, карт; - оценивать и сравнивать качество прогнозов изменения электрических характеристик изделий "система в корпусе" в процессе эксплуатации; - оценивать достоверность результатов статистического анализа. Владеет: - навыками проведения статистического анализа результатов измерений и испытаний выборки опытной партии
--	--	--	---

			<i>образцов изделий "система в корпусе";</i> <i>- навыками формирования заключения по данным статистического анализа результатов измерений и испытаний для выборки опытной партии образцов изделий "система в корпусе".</i>
--	--	--	---

7.3. Типовые контрольные задания

Примерные варианты контрольных работ

Контрольная работа №1

Написать алгоритм моделирования движения тела брошенного под углом к горизонту с вводом параметров начального состояния и изменением коэффициента трения. Программа должна осуществлять анимацию движения с возможностью повторения броска. При этом должна вычерчиваться траектория движения. Картина траектории должна быть масштабирована.

Контрольная работа №2

Написать программу моделирования двумерного идеального газа с вводом параметров (число молекул, относительный размер молекул-шариков, температура). Программа должна осуществлять анимацию движения шариков-молекул. При этом программа должна осуществлять коррекцию накопления погрешности кинетической энергии системы и накапливать информацию о скоростях молекул.

Контрольная работа №3

Моделировать процесс движения заряженной частицы в электромагнитных полях.

Построить математическую модель описанного физического процесса.

Составить программу, программа должна осуществлять анимацию движения заряженной частицы в электромагнитных полях. При этом должна вычерчиваться траектория движения. Картина траектории должна быть масштабирована

Контрольная работа №4

Моделировать процесс равноускоренное движение, когда в определенные моменты времени t_i измеряется пройденный путь S_i .

Построить математическую модель описанного физического процесса .

Осуществить имитацию процесса движения тела с постоянным ускорением a , начальной скоростью v_0 и начальным значением пути s_0 при помощи функции `rnd`. Необходимые данные заданы.

Вывести таблицу значений $S(t_i)$. Построить график зависимости $S(t)$.

Осуществить полиномную аппроксимацию результатов измерений.

Используя метод наименьших квадратов добиться минимума квадратичной ошибки. И вычислить погрешность аппроксимации.

Определить оптимальные коэффициенты аппроксимирующей

полиномной функции $s(t) = \sum_n a_n t^n$ с помощью встроенной функции `linfit`.

Графически представить результаты измерений и аппроксимирующей функции.

Составить программу, программа должна осуществлять анимацию движения с возможностью повторения броска. При этом должна вычерчиваться траектория движения. Картина траектории должна быть масштабирована.

Контрольная работа №5

Моделировать процесс периодического колебания пружинного маятника.

Построить математическую модель описанного физического процесса.

Составить программу на языке Turbo Pascal для определения значений $x(t)$ при определенных значениях времени t ($0 \dots N, 1$). Необходимые данные заданы в таблице 5.

Создайте в Excel таблицу и занесите полученные результаты в 1 столбец данные – t_i , во 2 столбец данные $x(t_i)$.

Импортируйте данные в Mathcad, используя компонент `Input Table`.

Вывести таблицу значений $x(t_i)$. Построить график зависимости $x(t)$.

Осуществить аппроксимацию периодической функции $x(t)$ при помощи полинома Фурье.

Определить оптимальные коэффициенты аппроксимирующей функции с помощью встроенной функции `linfit`.

Графически представить результаты измерений и аппроксимирующей функции.

Анализ полученных результатов.

Составить программу, программа должна осуществлять анимацию движения пружинного маятника. При этом должна вычерчиваться траектория движения. Картина траектории должна быть масштабирована.

Пример решения задачи.

Этапы решения задачи:

1) Постановка задачи. Математическая модель.

Мы рассматриваем в качестве прикладного примера движение с постоянным ускорением a , начальной скоростью v_0 и начальным значением пути s_0 . В определенные моменты времени t_i мы измеряем пройденный путь s_i .

На основании этих измеренных данных нужно определить наиболее подходящие значения a, v_0, s_0 .

$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{a}{2} t^2$ - функция $s(t)$ — линейная функция относительно искомых параметров a, v_0, s_0 .

$s(t) = \sum_n a_n t^n$ - общий вид полиномиальной функции.

$a_0 = s_0, a_1 = v_0, a_2 = \frac{a}{2}$ - соответствующие коэффициенты.

$F(a_n) = \sum_i (S_i - s(t_i))^2$ - квадратичная ошибка, которая должна быть минимизирована.

2) Имитация результатов измерений в среде Mathcad (см.рис.9) .

$I:=6 \quad i:=0..I-1$ - число измерений .

$N:=2 \quad n:=0..N$ - степень полинома .

$a_0:=0$ - начальный путь s_0 .

$a_1:=2$ - начальная скорость v_0 .

$a_2:=\frac{10}{2}$ - половина ускорения $a/2$.

$t_i:=i$ - моменты времени, когда проводятся измерения.

$s(t) = \sum_n a_n t^n$ - полином как аппроксимирующая функция.

$p := 10\%$ - максимум искусственной погрешности измерений.

$S_i := s(t_i) \cdot [1 + (-1)^{\text{floor}(\text{rnd}(2))} \cdot \text{rnd}(p)]$ - при помощи функции rnd имитируем результаты измерений с заданной погрешностью.

3) Минимизация квадратичной ошибки

$F(a_n) = \sum_i (S_i - s(t_i))^2$ - квадратичная ошибка.

$s(t) = \sum_n a_n t^n$ - общий вид полинома.

Квадратичная ошибка будет минимальной тогда, когда частные производные по искомым коэффициентам будут равны нулю. В результате мы получаем уравнение:

$$\sum_i [\sum_n a_n \cdot (t_i)^n \cdot (t_i)^k] - \sum_i S_i \cdot (t_i)^k = 0$$

Это уравнение представляется в матричной форме:

$k:=0..N \quad A_{i,k} := (t_i)^k$ - определение матрицы.

$A^T \cdot A \cdot a - A^T \cdot S = 0$ Матричное уравнение, получающееся после приравнивания к нулю частных производных. Эта система уравнений называется Гауссовой нормальной системой уравнений.

Оптимальные коэффициенты a_k находим из приведенной выше системы обращением матриц.

$$a := (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot S \quad a = \begin{bmatrix} 0.67 \\ 0.31 \\ 5.346 \end{bmatrix} \quad - \quad \text{оптимальные коэффициенты.}$$

$s(t) := \sum_n a_n t^n$ - аппроксимирующий полином с вычисленными коэффициентами.

$$F := \sum_i (S_i - s(t_i))^2 \quad F = 0.248 \quad - \quad \text{минимальная квадратичная ошибка.}$$

4) Полиномиальная аппроксимация результатов измерений.

Быстрое определение коэффициентов при помощи функции `linfit`:

$f(t) := \begin{bmatrix} 1 \\ t \\ t^2 \end{bmatrix}$ - базисные аппроксимирующие функции должны быть определены в виде вектора. Функция `linfit` возвращает искомые оптимальные коэффициенты.

$$a := \text{linfit}(t, S, f) \quad a = \begin{bmatrix} 0.67 \\ 0.31 \\ 5.346 \end{bmatrix}$$

Скалярное произведение дает нужную линейную комбинацию для полинома 2-й степени $s(t)$: $s(t) := a \cdot f(t)$

5) Графическое представление результатов измерений и аппроксимирующей функции в среде Mathcad

Примерные тесты :

1. Диффузия основных легирующих примесей осуществляется?

- по вакансиям по возрастанию концентрации
- по узлам по муждоузлиям
- по смешанному механизму

2. Электронно-дырочные переходы, образованные методом диффузии обладают?

- плавным распределением примеси
- резким распределением примеси
- ступенчатым распределением примеси

3. Что такое загонка?

- короткая диффузия от источника постоянной концентрации
- длительная диффузия от источника постоянной концентрации
- короткая диффузия от источника понижающейся концентрации
- длинная диффузия от источника понижающейся концентрации
- короткая диффузия от источника повышающейся концентрации
- длинная диффузия от источника повышающейся концентрации

4. Определение профиля распределения концентрации это ?

- прямая задача
- обратная задача
- смешанная задача

5.Определение режима процесса диффузии это?

- обратная задача
- прямая задача
- смешанная задача

6.Метод ионной имплантации использует ионы с энергией?

- от 10 КэВ до 1 МэВ
- до 10 КэВ
- от 1 эВ до 1 КэВ
- от 1 МэВ до 100 МэВ

7. Что такое каналирование?

- прохождение ионов мимо кристаллической решетки
- получение канала в свойствах проводника
- получение канала с свойствами диэлектрика
- получение поверхностной дорожки проводящего вещества
- получение поверхностной дорожки из диэлектрика

8. Что такое пара Френкеля ?

- дефект из вакансии и междоузельного атома
- дефект из иона и междоузельного атома
- дефект из вакансии и междоузельного иона
- дефект из-за отсутствия электрона
- дефект из-за отсутствия атома кристаллической решетки

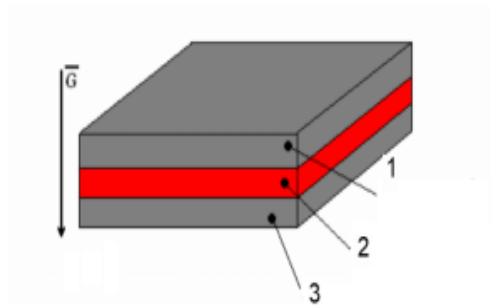
9.После ионной имплантации для восстановления кристаллической решетки используют?

- Отжиг
- Разгон
- Затравку
- Диффузию

10.Глубина проникновения иона в вещество определяются?

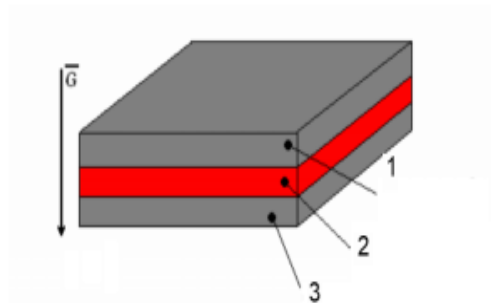
- Пробегом
- Загонкой
- Диффузией
- Отжигом

11.В методе зонной перекристаллизации градиентом температуры цифрой 1 обозначена?



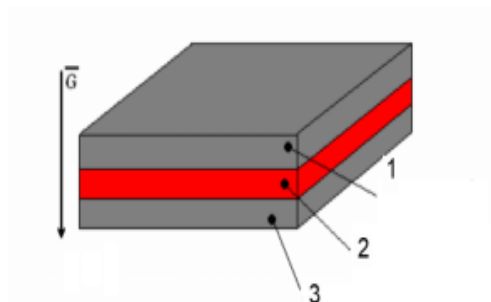
- Подложка
- Раствор -расплав
- Источник
- Заготовка

12. В методе зонной перекристаллизации градиентом температуры цифрой 2 обозначена?



- Раствор -расплав
- Подложка
- Источник 3
- Заготовка

13. В методе зонной перекристаллизации градиентом температуры цифрой 3 обозначена ?



- Источник
- Подложка
- Раствор расплав
- Заготовка

14. В методе зонной перекристаллизации градиентом температуры процесса роста складывается из следующих этапов:

- А) 1.Плавление растворителя А и насыщение его ростовым компонентом В из подложки и источника; 2.Растворение источника на горячей границе зоны; 3.Диффузия ростового компонента к холодной границе; 4 Кристаллизация ростового компонента на холодной границе.
- В) 1.Растворение источника на горячей границе зоны; 2.Плавление растворителя А и насыщение его ростовым компонентом В из подложки и источника; 3.Диффузия ростового компонента к холодной границе; 4 Кристаллизация ростового компонента на холодной границе.
- С) 1.Растворение источника на горячей границе зоны; 2.Диффузия ростового компонента к холодной границе; 3.Плавление растворителя А и насыщение его ростовым компонентом В из подложки и источника; 4 Кристаллизация ростового компонента на холодной границе.
- D) 1.Плавление растворителя А и насыщение его ростовым компонентом В из подложки и источника; 2.Растворение источника на горячей границе зоны; 3.Диффузия ростового компонента к холодной границе; 4 Кристаллизация ростового компонента на холодной границе.

15.Распределение температурного поля в системе кристалл-включение зависит от:

- А) Коэффициента теплопроводности, плотности вещества, удельной теплоемкости кристалла
- В) Коэффициента теплопроводности, коэффициента диффузии, плотности вещества, удельной теплоемкости кристалла
- С) Коэффициента теплопроводности, электропроводимости, удельной теплоемкости кристалла
- D) Коэффициента теплопроводности, коэффициента диффузии, плотности вещества, теплоты, коэффициента плавления

16.Распределение концентрации внутри включения зависит от:

- А) Коэффициента диффузии
- В) Коэффициента диффузии, коэффициента теплопроводности, плотности вещества, удельной теплоемкости кристалла.
- С) Коэффициента теплопроводности, электропроводимости, удельной теплоемкости кристалла.
- D) Коэффициента теплопроводности, коэффициента диффузии, плотности вещества, теплоты, коэффициента плавления
- Е) Коэффициента диффузии, плотности вещества, удельной теплоемкости включения
- F) Коэффициента диффузии, плотности вещества

17.Расположите скорости межфазных процессов в зависимости от механизма в порядке возрастания

-Нормальный режим, дислокационный режим (винтовые дислокации), двумерные зародыши

- Нормальный режим, двумерные зародыши, дислокационный режим (винтовые дислокации)
- Двумерные зародыши, нормальный режим, дислокационный режим (винтовые дислокации)
- Двумерные зародыши, нормальный режим, дислокационный режим (винтовые дислокации) Двумерные зародыши, нормальный режим, дислокационный режим (винтовые дислокации),
- Двумерные зародыши, дислокационный режим (винтовые дислокации), нормальный режим

18.. Основной вклад в теплоперенос при ЗПГТ вносит?

- Процесс теплопроводности
- Ковективный теплоперенос
- Градиент концентрации компонентов
- Диффузионный поток ростового компонента

Итоговая аттестация

Экзамен, на котором проверяются знания теоретического материала и практические навыки:

- а) моделирования физических и геологических процессов в среде MathCAD;
- б) математическая обработка результатов измерений и их анализ;
- в) тестирование

Контроль самостоятельной работы студентов:

Темы рефератов:

Основные понятия и принципы математического моделирования. Основные этапы метода математического моделирования. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий. Иерархия моделей. Вариационные методы решения краевых задач и определения собственных значений. Принцип Дирихле. Задача о собственных значениях

Некоторые алгоритмы проекционного метода. Общая схема алгоритмов проекционного метода. Метод Рунге. Метод Галеркина. Обобщенный метод моментов. Метод наименьших квадратов.

Метод конечных разностей. Основные понятия. Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Разностная задача для уравнения теплопроводности на отрезке. Явные и неявные схемы. Метод прогонки, достаточные условия устойчивости. Экономичные разностные схемы. Схема переменных направлений. Консервативные однородные разностные схемы.

Интегро-интерполяционный метод (метод баланса). Метод конечных

элементов. Спектральный анализ разностной задачи Коши.

Асимптотические методы. Метод малого параметра. Регулярные и сингулярные возмущения. Метод ВКБ. Метод усреднения Крылова – Боголюбова

Некоторые новые объекты и методы математического моделирования. Фракталы и фрактальные структуры. Фракталы в математике и в природе.

Моделирование дендритов. Самоорганизация и образование структур.

Синергетика. Диссипативные структуры. Модель брюсселятора. Вейвлет-анализ.

Вопросы к экзамену :

1. Основы математического моделирования. Основные понятия.
2. Основные этапы решения задач на ЭВМ.
3. Основные принципы моделирования.
4. Принцип единства и множественности моделей.
5. Принцип аналогии моделей.
6. Основные требования к модели.
7. Классификация и виды моделей.
8. Алгоритмизация математических моделей
9. Основные понятия вычислительной техники, физико-математических моделей
- 10.. Построение физико-математических моделей.
- 11.. Особенности моделей в нанотехнологиях.
12. Способы реализации классических моделей.
- 13.Основные критерии выбора способа решения.
14. Устойчивость и эффективность решения
15. Численные методы решения классических прикладных задач
16. Понятие прикладной задачи.
17. Классификация методов решения задач.
- 18.Моделирование технологических процессов, основные понятия и свойства технологических систем.
- 19.Понятие о вычислительном технологическом эксперименте.
- 20.Аналитические и численные методы в физике, компьютерное моделирование.
- 21.Общие вопросы методики решения задач и моделирование физических процессов.
- 22.Классификация физических задач, решение которых может быть выполнено методом компьютерного моделирования.

23. Виды компьютерного моделирования (виды алгоритмов):
аналитическое (интегральное), дифференциальное, статистическое
(метод Монте-Карло), графическое (анимация).
24. Компьютерные системы, используемые при моделировании: BASIC,
Visual Basic, Pascal, MathCAD, Math LAB, Excel.
25. Имитация результатов измерений. Аппроксимация функций.
26. Обработка данных и статистика. Линейная и сплайновая
аппроксимация.
27. Аппроксимация периодической функции.
28. Аппроксимация методом наименьших квадратов.
29. Реализация одномерной и многомерной полиномиальной регрессии.
30. Численные методы решения системы линейных алгебраических
уравнений. (обзор точных методов)
31. Численные методы решения системы линейных алгебраических
уравнений. Метод простых итераций
32. Численные методы решения системы линейных алгебраических
уравнений. Метод Зейделя.
33. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод
итераций.
34. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод
Ньютона.
35. Численные методы решения систем нелинейных уравнений. Метод
Зейделя
36. Методы решения нелинейных уравнений. Метод касательных
Ньютона. Условия сходимости.
37. Методы решения нелинейных уравнений. Метод хорд.
38. Методы решения нелинейных уравнений. Комбинированный метод
хорд и касательных.
39. Методы решения нелинейных уравнений. Метод половинного деления.
40. Интерполяция функций. Конечные и разделенные разности.
41. Сплайновая интерполяция функции.
42. Математическая обработка результатов измерений. Задачи
интерполирования, аппроксимации, экстраполяции.
43. Интерполяционный полином Ньютона.
44. Интерполяционный полином Лагранжа.
45. Среднеквадратичное приближение функций. Метод наименьших
квадратов.
46. Линейная и параболическая интерполяция.
47. Выбор узлов интерполирования. Метод Чебышева.
48. Однофакторный регрессионный анализ. Степенная и показательная
интерполяция.
49. Численные методы решения дифференцированных уравнений. Метод
конечных - разностей.
50. Метод Эйлера для решения ОДУ 1-го порядка.
51. Модифицированный метод Эйлера для решения ОДУ 1-го порядка.

52. Метод Эйлера - Коши для решения ОДУ 1-го порядка.
53. Метод Рунге – Кутты для решения ОДУ 1-го порядка.
54. Численное интегрирование. Формула прямоугольников. Остаточный член формулы прямоугольников (левых, правых, центральных).
55. Численное интегрирование. Формула Симпсона. Остаточный член формулы
56. Численное интегрирование. Формула трапеций. Остаточный член формулы
57. Численное интегрирование. Формула Чебышева.
58. Численное интегрирование. Квadrатурные формулы Ньютона – Котеса.
59. Численное интегрирование. Метод Монте-Карло и его применение для нахождения площади фигур.
60. Реализация численных методов в среде MathCAD.
61. Моделирование процессов диффузии
62. Моделирование процесса формирования биполярного транзистора с помощью диффузии
63. Моделирование процесса ионной имплантации

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

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

Критерии оценок на экзамене

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасевич Н.Н. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
2. Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учеб. пособие для вузов / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. - М.: Академкнига, 2006. - 416 с.
3. Рудобашта, С. П., Карташов, Э. М. Диффузия в химико-технологических процессах : учеб. пособие для вузов по направлениям подготовки в области техники и технологии / С. П. Рудобашта, Э. М. Карташов. - 2-е изд. перераб. и доп. - М. : КолосС, 2010. - 478 с.
4. Холоднов, В. А., Дьяконов, В. П., Иванова, Е. Н., Кирьянова, Л. С. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов.: Практическое руководство. - СПб.: АНОНПО «Профессионал», 2003.- 480 с.
5. Чернявский, С. Р. Математическое моделирование в технологии материалов и изделий электронной техники. Иваново, 2005. - 63с.
6. Косомаров Д. П. Вводные лекции по численным методам [Электронный ресурс] / Костомаров Д. П., Фаворский А. П. - М.: Логос, 2006.- 184 с. - режим доступа: ЭБСIPRbooks:<http://www.iprbookshop.ru/>
7. Тупицына А.И. Методы компьютерного моделирования физических процессов и сложных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Тупицына. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2014. — 49 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67284.html>
8. Математическое моделирование. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Коробова [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 112 с. — 978-5-00032-247-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70808.html>
9. Мокрова Н.В. Численные методы в инженерных расчетах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Мокрова, Л.Е. Суркова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 91 с. — 978-5-4486-0238-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71739.html>
10. Малышева Т.А. Численные методы и компьютерное моделирование. Лабораторный практикум по аппроксимации функций [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Т.А. Малышева. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2016. — 33 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67833.html>
11. Буйначев С.К. Применение численных методов в математическом моделировании [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.К. Буйначев. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 72 с. — 978-5-7996-1197-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66195.html>
12. Куликов И.М. Технологии разработки программного обеспечения для математического моделирования физических процессов. Часть 1.

Использование суперкомпьютеров, оснащенных графическими ускорителями [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.М. Куликов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 40 с. — 978-5-7782-2195-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45044.html>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. [Прудников В.В., Вакилов А.Н., Прудников П.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования DJVU](#) Москва, Изд-во Физматлит, 2009.
2. [Петросян В.Г., Лихицкая И.В. и др. Решение физических задач с помощью компьютера PDF](#) Нальчик: КБГУ, 2006. - 256с.
3. [Малютин В.М., Склярова Е.А. Компьютерное моделирование физических явлений PDF](#) Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 156 с.
4. Вознесенский А.С. Моделирование физических процессов. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс] : практикум / А.С. Вознесенский, М.Н. Красилов, Я.О. Куткин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2018. — 97 с. — 978-5-906953-08-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78566.html>
5. Ткалич В.Л. Обработка результатов технических измерений [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Л. Ткалич, Р.Я. Лабковская. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2011. — 73 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67409.html>
6. Тарасов В.Н. Численные методы. Теория, алгоритмы, программы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Тарасов, Н.Ф. Бахарева. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 266 с. — 5-7410-0451-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71903.html>
7. Вагер Б.Г. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Г. Вагер. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 152 с. — 978-5-9227-0786-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78584.html>
8. 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>

9. 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>
10. Зализняк В.Е. Основы научных вычислений. Введение в численные методы для физиков и инженеров [Электронный ресурс] / В.Е. Зализняк. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2006. — 264 с. — 5-93972-482-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16588.html>
11. Компьютерные методы математических исследований [Электронный ресурс] : методические указания к самостоятельной работе по дисциплинам «Численные методы» и «Компьютерное моделирование» / . — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 30 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55102.htm>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Интернет ресурсы:

13. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
14. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
15. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
16. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
17. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
18. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
19. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>

20. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
21. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
22. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
23. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
24. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
25. **Springer**. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
26. **SCOPUS** <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
27. **WebofScience** - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г.
28. «**ProQuestDissertationThesesGlobal**» (**PQDTGlobal**). - базаданныхзарубежных–диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
29. **Sage** - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
30. **AmericanChemicalSociety**. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.
31. **Science** (академическому журналу **The American Association for the Advancement of Science** (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на

основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение

	расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины. Раздаточный материал для изучения лекционного материала (схемы и рисунки по изучаемому материалу); теоретический учебный материал в электронном виде; электронные и печатные каталоги продукции и компьютерные презентации фирм-производителей МЭУ; программное обеспечение в соответствии с содержанием дисциплины.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология

тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской. Практические занятия проводятся в специализированных аудиториях оснащенных современной вычислительной техникой, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Наименование лабораторий, ауд.: физический факультет, ауд. 2-41 (лекционная), 2-41 (практические занятия), 2-52 (лабораторные занятия)

Основное оборудование:

- Мультимедийный проектор, сопровождает интерактивную доску;
- Ноутбук;
- используются лицензионные программные продукты:
 - Операционная система Windows'7;
 - ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Office 2016 Pro, FireFox, Statistica, Origin
 - MathCAD '16