

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и проектирование в нанотехнологиях
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат
(бакалавр, магистр, дипломированный специалист)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная, сокращенная)

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	7/252	36	36	36	108	экзамен (36), КР
Итого	7/252	36	36	36	108	экзамен (36), КР

г.Владимир
2015 г.

2

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Моделирование и проектирование в нанотехнологиях» студентами направления подготовки «Нанотехнологии и микросистемная техника» предполагает изучение феноменологических теорий для анализа эффектов в твердых телах, знакомство с математическими моделями и формализмом для выполнения расчетов при решении конкретных технических задач, связанных с практическим применением наноматериалов, совершенствование навыков программирования и математического анализа для построения моделей процессов нанотехнологии.

Целью освоения дисциплины является изучение базовых принципов для моделирования процессов в наносистемах, а также способов их конструирования с помощью средств автоматизированного проектирования.

Задачи дисциплины:

- изучение способов модельного представления и визуализации наноструктур, процессов их формирования и систем на их основе;
- знакомство со способами проектирования устройств и компонентов систем в нанотехнологии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование и проектирование в нанотехнологиях» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП подготовки бакалавров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Изучение дисциплины предполагает наличие фундаментальных знаний, которые формируются у студентов при изучении предшествующих дисциплин: «Физика», «Математика», «Основы кристаллографии», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Введение в нанотехнологию», «Квантовая и статистическая физика».

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении других специальных дисциплин по направлению подготовки, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- 1) готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);
- 2) способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);
- 3) способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);
- 4) способностью использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9);
- 5) способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий (ПК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) **Знать:** конечно-разностные сеточные методы, используемые в моделировании, метод потенциала плотности, метод дискретного моделирования упаковок для моделирования структурообразования нанокластеров, основы метода конечных элементов, применительно к системам моделирования. (ОПК-7).

2) Уметь: строить формальные математические модели реальных объектов на основе экспериментального исследования их характеристик, применять численные методы при использовании моделей - дифференциальных уравнений и их систем, элементов теории групп и теории графов. (ОПК-5, ПК-1).

3) Владеть: методами конструирования математических и компьютерных моделей (ОПК-4, ОПК-9).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
1	Моделирующие программы и средства.	6	1-15	30	-	30	30		72	60/67%	Рейтинг-контроль №1, Рейтин-контроль №2.	
2	Проектирование систем на основе наноструктур.	6	16-18	6	-	6	6		36	12/67%	Рейтинг-контроль №3	
Всего		6	18	36	-	36	36		108	КР	72/67%	Экзамен, 36

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ЛЕКЦИИ

Раздел 1. Моделирующие программы и средства.

- 1.1. Вычислительный эксперимент как основа компьютерного моделирования. Математические модели и их классификация. (2ч.)
- 1.2. Краевые задачи математической физики как математическая основа компьютерного моделирования. (2ч.)
- 1.3. Понятие о численных методах решения краевых задач. Понятие о методе Монте-Карло. (2ч.)
- 1.4. Фундаментальная система уравнений физики полупроводника и различные системы моделей на ее основе. Диффузионно-дрейфовое и квазигидродинамическое приближения. (4ч.)
- 1.5. Граничные условия в численном моделировании полупроводниковых структур Полупроводниковые низкоразмерные структуры. (2ч.)
- 1.6. Основные методы решения конечно-разностных уравнений полупроводниковых структур: метод Ньютона и схема Гуммеля. (4ч.)
- 1.7. Метод конечных элементов как основной математический аппарат системы приборно-технологического САПР SenTaurus. (2ч.)
- 1.1. Численные методы квантовой химии. Метод функционала плотности. (2ч.)
- 1.2. Методы моделирования роста наноструктур. (2ч.)
- 1.3. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок. (4ч.)
- 1.4. Методы моделирования квазикристаллов и фрактальных наноструктур. (2ч.)
- 1.5. Основные понятия теории роста квантовых точек. Визуализация процесса роста.

1.6. Компьютерный «наноскоп»: моделирование роста диэлектриков (S) и полупроводниковых нанокластеров ($C_{14}H_{10}$). (2ч.)

Раздел 2. Проектирование систем на основе наноструктур

2.1. Проектирование радиотехнических наноэлементов и наносистем. (2ч.)

2.2. Проектирование неперiodических сверхрешеток. (2ч.)

2.3. Электродинамическое моделирование и проектирование фрактальных антенных систем. (2ч.)

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Тема 1. Приборно-технологическое моделирование. (2ч.)

Тема 2. Решение задач методом Монте-Карло. (4ч.)

Тема 3. Кинетическое уравнение, метод молекулярной динамики, уравнения квантовой динамики (2ч.)

Тема 4. Граничные условия в численном моделировании полупроводниковых структур. Полупроводниковые низкоразмерные структуры. (2ч.)

Тема 5. Примеры применения метода Ньютона и схемы Гуммеля (2ч.)

Тема 6. Метод конечных элементов. (4ч.)

Тема 7. Метод функционала плотности. (4ч.)

Тема 8. . Критерий существования упаковки. Выбор дискретного пространства в моделировании роста структур (2ч.)

Тема 9. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок (двумерный случай) (2ч.)

Тема 10. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок (трехмерный случай) (2ч.)

Тема 11. Методы моделирования квазикристаллов и фрактальных наноструктур (4ч.)

Тема 12. Расчет компонентов радиотехнических микро- и наносхем (4ч.)

Тема 13. Конструирование сверхрешеток на основе квантовых точек. (2ч.)

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1. Методы молекулярной динамики 4ч.

2. Метод конечных элементов. 4ч.

3. Метод функционала плотности. 4ч.

4. Метод дискретного моделирования (структурообразование органических полупроводников). 4ч.

5. Метод дискретного моделирования (структурообразование диэлектриков на примере серы). 4ч.

6. Получение разбиения на молекулярные полиэдры, кластеризация твердотельных структур в методе дискретного моделирования. 4ч.

7.

8. Получение диаграмм направленности антенн фрактального типа методами САПР. 4ч.

9. Сборка гетероструктур и сверхрешеток методами САПР. 4ч.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках лекционного курса:

5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы, к практическим занятиям. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций.

5.3. Мультимедийные технологии обучения

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора. Студентам предоставляется компьютерный курс лекций.

5.4. Рейтинг-контроль

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий, рассматриваемых на практических занятиях. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Экзаменационные вопросы

1. Математические модели и их классификации.
2. Краевые задачи математической физики.
3. Численные методы. Метод Монте-Карло.
4. Диффузионно-дрейфовое и квазигидродинамическое приближения.
5. Граничные условия в численном моделировании полупроводниковых структур.
6. Конечно-разностные уравнения полупроводниковых структур. Метод Ньютона и схема Гуммеля.
7. Метод конечных элементов.
8. Метод функционала плотности.
9. Метод дискретного моделирования.
10. Получение разбиения на молекулярные полиэдры, кластеризация твердотельных структур.
11. Диаграммы направленности антенн фрактального типа.
12. Сборка гетероструктур и сверхрешеток методами САПР.

6.2. Вопросы рейтинг-контроля

Рейтинг-контроля №1

1. Математические модели и их классификации.
2. Краевые задачи математической физики.
3. Численные методы. Метод Монте-Карло.

Рейтинг-контроля №2

1. Диффузионно-дрейфовое и квазигидродинамическое приближения.
2. Численное моделирование полупроводниковых структур.
3. Метод Ньютона и схема Гуммеля.

Рейтинг-контроля №3

1. Метод конечных элементов.
2. Метод функционала плотности.
3. Метод дискретного моделирования

6.3. Вопросы для контроля самостоятельной работы:

1. Получение разбиения на молекулярные полиэдры, кластеризация твердотельных структур.
2. Диаграммы направленности антенн фрактального типа.
3. Сборка гетероструктур и сверхрешеток методами САПР.

6.4. Примерные темы курсовых работ:

1. Физико-математические модели радиоэлектронных компонентов: резисторы, конденсаторы, индуктивности, диоды, транзисторы, трансформаторы, коммутационные линии.

2. Физико-технологические и топологические модели элементной базы интегральных микросхем: моделирование базовых технологических операций, аналитическое описание фрагментов базовых биполярных и униполярных структур, эффекты масштабирования.
3. Методика расчета эквивалентных механических параметров мембран сложной топологии для элементов микросистемной техники.
4. Проектирование сенсорных и актуаторных элементов.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Введение в фемтонофотонику. Фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов: учебное пособие/ С.М. Аракелян и др.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2015.— 744 с.
2. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.
3. Держинский Р.И. Уравнения математической физики: курс лекций/ Держинский Р.И., Логинов В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015.— 66 с.

Дополнительная литература:

1. Никулин К.С. Математическое моделирование в системе Mathcad: методические рекомендации по выполнению контрольных работ по курсу «Компьютерное инженерное моделирование»/ Никулин К.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009.— 65 с.
2. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271 с.
3. Методы математической физики: учебное пособие/ Ю.В. Гриняев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012.— 148 с.

Интернет-ресурсы:

1. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов «МИНКРИСТ»// Режим доступа: <http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/>
2. Кембриджский банк структурных данных// Режим доступа: http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client_log_in.php?first_attempt=1
3. Введение в теорию функционала плотности// Режим доступа: <http://kodomio.fbb.msu.ru/~golovin/pdf/15.pdf>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные аудитории, оснащенные доской и переносным проектором для проведения занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов. Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий, оснащенные современными персональными компьютерами, объединенными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Рабочую программу составил старший преподаватель каф. ФиПМ Горшков К.А.

(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) гл. спец. научно-технич. отдела РКПТ "ТТТ" Задуса

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016-2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года

Заведующий кафедрой

С.М. АРАКЕЛЯН

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2017 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 2019-2020 учебный год
Протокол заседания кафедры № 1 от 08.08.19 года
Заведующий кафедрой _____

С.М. Арабеллян

Рабочая программа одобрена на 2020-2021 учебный год
Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.2020 года
Заведующий кафедрой _____

С.М. Арабеллян

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____