

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

Институт прикладной математики, физики и информатики
 (Наименование института)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

_____ К.С. Хорьков

« 30 » 08 _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

_____ (код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Нанотехнологии и микросистемная техника

_____ (направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир
 2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина «Моделирование и проектирование в нанотехнологиях» относится к обязательным дисциплинам учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	<p>ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы общинженерных дисциплин.</p> <p>ОПК-1.2. Умеет использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности, проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ, проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств.</p> <p>ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования.</p> <p>Уметь: использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности; проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ; проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств; использовать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач.</p> <p>Владеть: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации</p>
ОПК-7 Способен проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий	<p>ОПК-7.1. Знает прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, используемые при решении инженерных задач.</p> <p>ОПК-7.2. Умеет проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов.</p>	<p>Знать: прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, используемые при решении инженерных задач.</p> <p>Уметь: проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов.</p> <p>Владеть: методиками</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам</p>

и микросистемной техники	ОПК-7.2. Владеет методиками организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины.	организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины.	Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации
ПК-1. Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	ПК-1.1. Знает основные физико-математические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологий и микросистемной техники, а также методы моделирования. ПК-1.2. Умеет проводить моделирование процессов, явлений и объектов в области нанотехнологий и микросистемной техники, в том числе с использованием современных программных средств. ПК-1.3. Владеет навыками анализа процессов и объектов нанотехнологий и микросистемной техники на основе физико-математического и компьютерного моделирования..	Знать: физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Уметь: решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Владеть: математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.	Отчеты по лабораторным работам Контрольные вопросы к лабораторным работам Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации
ПК-3. Способен анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	ПК-3.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы обобщения и обработки информации. ПК-3.2. Умеет применять нормативную документацию, связанную с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. ПК-3.3. Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, составления отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов.	Знать: методы анализа и систематизации результатов исследований. Уметь: представлять результаты исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций. Владеть: навыками обработки результатов измерений и оценки их достоверности.	Отчеты по лабораторным работам Контрольные вопросы к лабораторным работам Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации
ПК-4. Способен совершенствовать процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-4.1. Знает основные методы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур, а также назначение, устройство и принцип действия используемого для этого оборудования. ПК-4.2. Умеет работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией. ПК-4.3. Владеет навыками	Знать: базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства наноматериалов и компонентов. Уметь: осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования. Владеть: навыками мониторинга диагностического,	Отчеты по лабораторным работам Контрольные вопросы к лабораторным работам Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточно

	внедрения и контроля качества новых методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.	технологического оборудования.	й аттестации
--	---	--------------------------------	--------------

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подоправки		
1	Методы и средства моделирования в нанотехнологиях.	6	1-13	30	30	30	44	72	Рейтинг-контроль № 1 Рейтинг-контроль № 2
2	Проектирование систем на основе наноструктур.	6	14-18	6	6	6	10	72	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 6 семестр:		-	-	36	36	36	54	144	Экзамен, 36 ч.
Наличие в дисциплине КИ/КР		-	-	-	-	-	-	+	Курсовая работа
Итого по дисциплине		-	-	36	36	36	-	144	Экзамен, 36 ч

Содержание лекционных занятий по дисциплине

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. (1ч.)

1.6. Компьютерный «наноскоп»: моделирование роста диэлектриков (S) и полупроводниковых нанокластеров (C₁₄H₁₀). (2ч.)

Раздел 2. Проектирование систем на основе наноструктур

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

2.2. Проектирование неперриодических сверхрешеток. (2ч.)

2.3. Электродинамическое моделирование и проектирование фрактальных антенных систем. (1ч.)

Содержание практических занятий по дисциплине

- 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.)

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

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. Получение диаграмм направленности антенн фрактального типа методами САПР. (4ч.)
8. Сборка гетероструктур и сверхрешеток методами САПР. (4ч.)

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости студентов

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №1

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

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №2

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

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №3

1. Метод конечных элементов.
2. Метод функционала плотности.

3. Метод дискретного моделирования

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

Примерный перечень вопросов к экзамену

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.

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.

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.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕНОСТЬ
		Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература		
1. Введение в фемтонанопластику. 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.	2015	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048122.html
2. 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.	2015	http://www.iprbookshop.ru/46875.html
Дополнительная литература		
1. Аверченков В.И., Основы математического моделирования технических систем / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.Л. Хейфец - М. : ФЛИНТА, 2016. - 271 с.	2016	http://www.studentlibrary.ru/book/IS

		BN978597651278 8.html
2. Методы математической физики: учебное пособие/ Ю.В. Гриняев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управле-ния и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012.— 148 с.	2012	http://www.iprboo kshop.ru/13862.ht ml

6.3. 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. Ведение в теорию функционала плотности// Режим доступа: <http://kodomofbb.msu.ru/~golovin/pdf/l5.pdf>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические/лабораторные работы проводятся в (ауд. 100-3, ауд. 106-3, ауд. 1226-3, ауд. 511б,г-3,

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения MS Word, Matlab., «Компьютерный наноскоп»

Рабочую программу составил доцент Абрамцов Д.В. (должность, ФИО, подпись)

Рецензент
Генеральный директор ООО «ВладИнТех» А.В. Осипов (место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФИПМ
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Заведующий кафедрой С.М. Аракелян (ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Председатель комиссии С.М. Аракелян (ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года
Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года
Заведующий кафедрой С.И. Абрамцов

Рабочая программа одобрена на 20 ___ / 20 ___ учебный года
Протокол заседания кафедры № ___ от ___ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ___ / 20 ___ учебный года
Протокол заседания кафедры № ___ от ___ года
Заведующий кафедрой _____