

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

_____ 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 «Моделирование и проектирование в нанотехнологиях» является изучение базовых принципов моделирования процессов в наносистемах, а также способов их конструирования с помощью средств автоматизированного проектирования.

Задачи:

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Моделирование и проектирование в нанотехнологиях» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

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	
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации. УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, необходимой для моделирования и проектирования наноструктурированных материалов и систем. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их при моделировании и проектировании наноструктурированных материалов и систем. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Курсовая работа
УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.1. Знает литературную форму государственного языка, основы устной и письменной коммуникации на иностранном языке, функциональные стили родного языка, требования к деловой коммуникации. УК-4.2. Умеет выражать свои мысли на государственном, родном и иностранном языке в ситуации деловой коммуникации. УК-4.3. Владеет навыками составления текстов на государственном и родном языках, опыт перевода текстов с иностранного языка на родной, опыт общения на государственном и иностранном языках.	Знает литературную форму и функциональные стили русского языка, основы устной и письменной коммуникации на иностранных языках. Умеет выражать свои мысли на русском и иностранном языке в ситуации деловой коммуникации. Владеет: • навыками делового общения на государственном языке РФ; • навыками перевода профессиональных текстов с иностранного на государственный язык РФ; • опытом публичного выступления, представления материалов по заданной теме на русском языке; • опытом составления текстов разных функциональных стилей на	Курсовая работа

		русском языке; • навыками использования инструментов автоматизированного перевода.	
УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.1. Знает основные принципы самовоспитания и самообразования, исходя из требований рынка труда. УК-6.2. Умеет эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития, самообучения. УК-6.3. Владеет способами управления своей познавательной деятельностью и удовлетворения образовательных интересов и потребностей.	Знает: • основные тенденции развития методов и средств моделирования и проектирования наноматериалов; • основные источники информации и способы приобретения знаний и навыков в области моделирования и проектирования наноматериалов. Умеет: • формулировать цели профессионального развития в области моделирования и проектирования наноматериалов; • работать с различными источниками информации приобретения новых знаний и навыков в области моделирования и проектирования наноматериалов. Владеет: • навыками планирования рабочего времени и времени на саморазвитие; • навыками самостоятельного приобретения новых знаний и навыков.	Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации Отчеты по лабораторным работам Курсовая работа
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..	Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Умеет: • решать задачи моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники; • использовать математический аппарат моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники; • использовать численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Владеет 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,	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	Знает методы анализа и систематизации результатов исследований. Умеет представлять результаты исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций. Владеет навыками обработки результатов измерений и оценки их достоверности.	Отчеты по лабораторным работам Контрольные вопросы к лабораторным работам Контрольные вопросы к

презентаций	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.		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 внедрения и контроля качества новых методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.	Знает базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований наноматериалов и компонентов. Умеет: • осуществлять диагностику неполадок измерительного, диагностического, технологического оборудования; • осуществлять частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования. Владеет навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования.	Отчеты по лабораторным работам Контрольные вопросы к лабораторным работам Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной 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 деятельности		
1	Методы и средства моделирования в нанотехнологиях.	6	1-15	30	30	14	44	135	Рейтинг-контроль № 1 Рейтинг-контроль № 2
2	Проектирование систем на основе наноструктур.	6	16-18	6	6	4	10	27	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 6 семестр:		-	-	36	36	18	-	162	Экзамен (36 ч.)
Наличие в дисциплине КИ/КР		-	-	-	-	-	-	+	Курсовая работа
Итого по дисциплине		-	-	36	36	18	-	162	Экзамен (36 ч.), КР

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Методы и средства моделирования в нанотехнологиях.

1. Вычислительный эксперимент как основа компьютерного моделирования. Математические модели и их классификация. (2 ч.)
2. Краевые задачи математической физики как математическая основа компьютерного моделирования. (2 ч.)
3. Понятие о численных методах решения краевых задач. Понятие о методе Монте-Карло. (2 ч.)
4. Фундаментальная система уравнений физики полупроводника и различные системы моделей на ее основе. Диффузионно-дрейфовое и квазигидродинамическое приближения. (4 ч.)
5. Граничные условия в численном моделировании полупроводниковых структур. Полупроводниковые низкоразмерные структуры. (2 ч.)
6. Основные методы решения конечно-разностных уравнений полупроводниковых структур: метод Ньютона и схема Гуммеля. (4 ч.)
7. Метод конечных элементов как основной математический аппарат системы приборно-технологического САПР SenTaurus. (2 ч.)
8. Численные методы квантовой химии. Метод функционала плотности. (2 ч.)
9. Методы моделирования роста наноструктур. (2 ч.)
10. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок. (4 ч.)
11. Методы моделирования квазикристаллов и фрактальных наноструктур. (2 ч.)
12. Основные понятия теории роста квантовых точек. Визуализация процесса роста. (2 ч.)
13. Компьютерный «наноскоп»: моделирование роста диэлектриков (S) и полупроводниковых нанокластеров ($C_{14}H_{10}$). (2 ч.)

Раздел 2. Проектирование систем на основе наноструктур

1. Проектирование радиотехнических наноэлементов и наносистем. (2 ч.)
2. Проектирование неперiodических сверхрешеток. (2 ч.)
3. Электродинамическое моделирование и проектирование фрактальных антенных систем. (2 ч.)

Содержание практических занятий по дисциплине

- Тема 1. Приборно-технологическое моделирование (2 ч.)
- Тема 2. Решение задач методом Монте-Карло (4 ч.)
- Тема 3. Кинетическое уравнение, метод молекулярной динамики, уравнения квантовой динамики (2 ч.)
- Тема 4. Граничные условия в численном моделировании полупроводниковых структур Полупроводниковые низкоразмерные структуры (2 ч.)
- Тема 5. Примеры применения метода Ньютона и схемы Гуммеля (2 ч.)
- Тема 6. Метод конечных элементов (4 ч.)
- Тема 7. Метод функционала плотности (4 ч.)
- Тема 8. Критерий существования упаковки. Выбор дискретного пространства в моделировании роста структур (2 ч.)
- Тема 9. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок (двумерный случай) (2 ч.)
- Тема 10. Метод дискретного моделирования разбиений и упаковок (трехмерный случай) (2 ч.)
- Тема 11. Моделирования квазикристаллов и фрактальных наноструктур (4 ч.)
- Тема 12. Расчет компонентов радиотехнических микро- и наносхем (4 ч.)
- Тема 13. Конструирование сверхрешеток на основе квантовых точек (2 ч.)

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

- Тема 1. Методы молекулярной динамики (2 часа).
- Тема 2. Метод конечных элементов (2 часа).
- Тема 3. Метод функционала плотности (4 часа).

Тема 4. Метод дискретного моделирования (структурообразование органических полупроводников) (2 часа).

Тема 5. Метод дискретного моделирования (структурообразование диэлектриков на примере серы) (2 часа).

Тема 6. Получение разбиения на молекулярные полиэдры, кластеризация твердотельных структур в методе дискретного моделирования (2 часа).

Тема 7. Получение диаграмм направленности антенн фрактального типа методами САПР (2 часа).

Тема 8. Сборка гетероструктур и сверхрешеток методами САПР (2 часа).

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 актюаторных элементов.

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

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №1

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

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №2

1. Диффузионно-дрейфовое и квазигидродинамическое приближения.
2. Численное моделирование полупроводниковых структур.
3. Метод Ньютона и схема Гуммеля.
4. Метод функционала плотности.
5. Метод дискретного моделирования

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №3

1. Проектирование радиотехнических наноэлементов и наносистем.
2. Проектирование непериодических сверхрешеток.
3. Моделирование и проектирование фрактальных антенных систем.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

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.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине «Моделирование и проектирование в нанотехнологиях» включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) проработку учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе;
- 2) подготовку к лабораторным и практическим занятиям;
- 3) подготовку по всем видам контрольных мероприятий, в том числе к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации;
- 4) выполнение курсовой работы.

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	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Аракелян С.М., Кучерик А.О., Прокошев В.Г., Рау В.Г., Сергеев А.Г. Введение в фемтонанопластику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов: учебное пособие. М.: Логос.	2017	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048122.html
2. Дзержинский Р.И. Уравнения математической физики: курс лекций. М.: Московская государственная академия водного транспорта.	2015	http://www.iprbookshop.ru/46875.html
Дополнительная литература		
1. Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. Основы математического моделирования технических систем. М.: ФЛИНТА.	2016	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976512788.html
2. Гриняев Ю.В. и др. Методы математической физики: учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент.	2012	http://www.iprbookshop.ru/13862.html

6.2. Периодические издания

1. Российские нанотехнологии (научно-технический журнал). <https://sciencejournals.ru/journal/nano/>
2. Наносистемы: физика, химия, математика (научно-технический журнал). <http://nanojournal.ifmo.ru>
3. Наноиндустрия (научно-технический журнал). <https://www.nanoindustry.su/>

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://kodom.fbb.msu.ru/~golovin/pdf/15.pdf>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Лабораторные работы проводятся в аудиториях 100-3, 106-3, 122б-3, 511б,г-3.

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

Рабочую программу составил доц. каф. ФиПМ Абрамов Д.В.

(должность, ФИО, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

(место работы, должность, ФИО, подпись)

А.В. Осипов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой _____

(ФИО, подпись)

С.М. Аракелян

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 _____

(ФИО, должность, подпись)

С.М. Аракелян

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

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 _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Лабораторные работы проводятся в аудиториях 100-3, 106-3, 1226-3, 5116,г-3.

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

Рабочую программу составил доц. каф. ФиПМ Абрамов 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.М. Аракелян

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