

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 01.06.2023 01:03:31
Уникальный программный ключ:
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их
основе**

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

28.03.02 Наноинженерия

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной
образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

Нанотехнологии и наноматериалы в приборостроении

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2023 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – формирование необходимого объема знаний, умений и навыков, позволяющих развить компетенции в области наноструктур и систем на их основе, усвоение знаний и получение навыков по моделированию квантовых эффектов в наноразмерных структурах; приобретение навыков по моделированию наноэлектронных систем в составе наноэлектронного оборудования.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-9	Способен к взаимодействию в условиях современной информационной культуры и цифровой экономики с учетом требований информационной безопасности, этических и правовых норм	УК-9.1 Обладает представлениями о принципах недискриминационного взаимодействия при коммуникации в различных сферах жизнедеятельности, с учетом социально-психологических особенностей лиц с ограниченными возможностями здоровья
		УК-9.2 Планирует и осуществляет профессиональную деятельность с лицами, имеющими инвалидность или ограниченные возможности здоровья
ПК-6	Способен определять этапы изготовления электромеханической системы, формировать перечни оборудования и последовательность необходимых для ее изготовления технологических модулей и операций	ПК-6.1 Знает основные этапы изготовления электромеханической системы
		ПК-6.2 Владеет навыками формирования перечня оборудования и последовательности технологических модулей и операций для изготовления электромеханической системы

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-9	Способен к	Правоведение	Научно-исследовательская

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	взаимодействию в условиях современной информационной культуры и цифровой экономики с учетом требований информационной безопасности, этических и правовых норм	Основы инженерной экономики и менеджмента Экологический менеджмент Системы автоматизированного проектирования гетероструктурных лазеров	работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика
ПК-6	Способен определять этапы изготовления электромеханической системы, формировать перечни оборудования и последовательность необходимых для ее изготовления технологических модулей и операций	Химия Основы физики твердого тела в нанотехнологии Физические основы микро- и нанотехнологии Системы автоматизированного проектирования гетероструктурных лазеров	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе» составляет 5 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для ОЧНОЙ формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		7	8
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	68	68	
в том числе:			
Лекции (ЛК)	34	34	
Лабораторные работы (ЛР)	34	34	
Практические/семинарские занятия (СЗ)			
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	76	76	
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36	36	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	180	180
	зач.ед.	5	5

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для ЗАОЧНОЙ формы обучения*

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		7	8
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	12	12	
в том числе:			
Лекции (ЛК)	6	6	
Лабораторные работы (ЛР)	6	6	
Практические/семинарские занятия (СЗ)			
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	159	159	

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		7	8
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	9	9	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	180	180
	зач.ед.	5	5

* - заполняется в случае реализации программы в заочной форме

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Введение. Средства моделирования	Тема 1.1. Введение. Особенности математического моделирования физических процессов в наноразмерных структурах, обуславливающих свойства объектов нанoeлектроники. Средства моделирования Тема 1.2. Рабочая среда MATLAB. Концепция ввода команд MATLAB. Переменные и выражения. Анализ и визуализация векторных данных (одномерных и многомерных массивов) Тема 1.3. Основные положения квантовомеханического моделирования. Волновые свойства носителей заряда, обуславливающие квантоворазмерные эффекты в объектах нанoeлектроники. Основные квантовомеханические принципы и положения. Операторный подход – 8 часа.	ЛК, ЛР
Раздел 2. Вычисления и программирование в среде MATLAB	Тема 2.1. Автоматизация работы в командной строке с помощью скриптов. Логика и управление потоками. Визуализация матриц и изображений. Документирование функций Тема 2.2. Моделирование размерного квантования и квантоворазмерных структур на простейших примерах. Визуализация результатов применения аналитического метода. Тема 2.3. Численные модели. Консервативная конечно-разностная схема, полученная интегро-интерполяционным методом. Метод FDTD Тема 2.4. Моделирование «real-time, real-space» в различных профилях потенциальной энергии.	ЛК, ЛР
Раздел 3. Средства моделирования и основные подходы к моделированию квантоворазмерных полупроводниковых гетероструктур	Тема 3.1. Современные тенденции развития электроники. Особенности компьютерного моделирования наноразмерных структур. Тема 3.2. Квантовые модели переноса заряда. Полупроводниковые гетероструктуры. Тема 3.3. Открытые системы: «резервуары» и «устройство». Моделирование контактных областей.	ЛК, ЛР
Раздел 4. Компьютерное моделирование физических процессов в квантоворазмерных гетероструктур	Тема 4.1. Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных структурах. Тема 4.2. Метод конечных разностей для решения уравнения Шредингера. Метод самосогласованного поля. Базисные функции как инструмент численных методов. Базисные функции как методология. Равновесная матрица плотности. Модельный	ЛК, ЛР

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	<p>гамильтониан. Квантовая и электростатическая емкость. Открытые системы. Локальная плотность состояний. Время жизни. Контакты (резервуары). Тема 4.3. Компьютерное моделирование физических процессов в кристаллах и квантоворазмерных структурах. Тема 4.4. Когерентный транспорт. Матрица плотности. Входящие и исходящие потоки. Функция пропускания. Некогерентный транспорт. Атомные переходы. Межзонные переходы в полупроводниках. Внутризонные переходы в полупроводниках. От атома к транзистору: квантовый транспорт.</p>	

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ___ шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с	

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Сирота А. А. Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование в MATLAB. – БХВ-Петербург, 2017.

2. Трубочкина, Н. К. Нанoeлектроника и схемотехника. В 2 ч. Ч. 1: учебник для академического бакалавриата: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям и специальностям / Н. К. Трубочкина. – 3-е изд., испр.и доп. – Москва: Юрайт, 2019. – 269 с.

3. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов [и др.] ; под ред. А. С. Сигова. - 6-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 187 с. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-93208-545-5.

4. Нанoeлектроника: теория и практика : учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е. А. Уткина. - 5-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 369 с. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-00101-732-5.

5.

Дополнительная литература:

1. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур, Москва: Техносфера, 2011. – 168 с.

2. Москалюк В.А., Тимофеев В.И., Федяй Ф.В. Сверхбыстродействующие приборы электроники: Учеб.пособие – К.: НТУУ «КПИ», 2012.

3. Амос Гилат. MATLAB. Теория и практика. / Пер. с англ. Н.К.Смоленцев: ДМК Пресс.Изд-е 5-е. – 2016. – 416 с.

Ссылка на электронную версию в электронно-библиотечной системе издательства «Лань»: https://e.lanbook.com/book/82814#book_name

4. Нанотехнология и микромеханика. Часть 5. Надежность наноприборов и радиоэлектронных устройств на их основе. В.Д.Шашурин, Н.А.Ветрова, Ю.А.Иванов и др: Учеб.пособие – М.: Изд-во МГТУ Н.Э.Баумана, 2012.

5. Computational Nanotechnology Modeling and Applications with MATLAB. Edited by Sarhan M.Musa. CRC Press, 2012 – 526 p.

6. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, Simpowersystems и Simulink. ДМК-Пресс, 2014. – 288 с.

7. Чернышёв С.Л. Моделирование и классификация наноструктур/ Изд.стереотип. – М.: URSS, 2015. – 216 с.

8. Заводинский В.Г. Компьютерное моделирование наночастиц и наносистем: учеб.пособие. – М.: Физматлит. 2013.

9. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. – М.: Машиностроение, 2007. – 496 с.
<https://e.lanbook.com/reader/book/802/#1>
10. Ибрагимов И.М., Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. Основы компьютерного моделирования наносистем: Учеб. пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 384с.
<https://e.lanbook.com/reader/book/156/#10>
11. MATLAB Fundamentals. MLBE. MathWorks Inc, 2012. – 350 с.
12. Моделирование структуры и свойств наносистем / Звонарев С.В., Кортов В.С., Штанг Т.В. – Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2014.
13. Nanotechnology: understanding small systems. Ben Rogers, Jesse Adams, Sumita Pennathur. Third Edition. CRC Press. 2014

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент кафедры нанотехнологий и
 микросистемной техники

Должность, БУП



Подпись

Н.А. Ветрова

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:
Заведующий кафедрой
нанотехнологий и микросистемной
техники

Наименование БУП



Подпись

С.В. Попов

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:
Доцент кафедры нанотехнологий и
микросистемной техники

Должность, БУП



Подпись

М.О. Макеев

Фамилия И.О.