

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**

**Mathematical Modelling in Nanoindustry**

(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)

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

The purpose of the discipline is to master and apply modern physical and mathematical methods and artificial intelligence methods for solving professional problems, as well as to draw up practical recommendations for using the results obtained.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Mathematical Modelling in Nanoindustry» 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)
ПК-2	Способен осуществлять моделирование принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления	ПК-2.1 Знает программное обеспечение для моделирования принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления
		ПК-2.2 Умеет выполнять моделирование принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления
ПК-8	Способен осуществлять подготовку технических решений по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем	ПК-8.1 Знает типовые технические решения по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
		ПК-8.2 Умеет осуществлять подготовку технических решений по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Mathematical Modelling in Nanoindustry» 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 «Mathematical Modelling in Nanoindustry».

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

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-2	Способен осуществлять моделирование принципиальных схем микроэлектромеханической системы и цифровых схем управления	Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-8	Способен осуществлять подготовку технических решений по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем	Теоретическая механика Технология производства наноэлектронной базы/ Технология изготовления наноустройств Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)	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 «Mathematical Modelling in Nanoindustry» составляет 4 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)
		6
Контактная работа, ак.ч.	72	72
в том числе:		
Лекции (ЛК)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Практические/семинарские занятия (СЗ)		
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	45	45
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	27	27
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	<b>144</b>
	зач.ед.	<b>4</b>

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

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)
		5
Контактная работа, ак.ч.	12	12
в том числе:		
Лекции (ЛК)	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Практические/семинарские занятия (СЗ)		
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	123	123
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	9	9
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	<b>144</b>
	зач.ед.	<b>4</b>

\* - 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*
Section 1. Mathematical introduction. Calculation of variations as a means of solving physical problems.	Method of variations in problems with fixed boundaries. Variation and its properties. Euler equation. Functionals depending on derivatives of the first and higher orders. Functionals depending on functions of several independent variables. Variational problems in parametric form. Method of variations in problems with moving boundaries. Variational problems for a conditional extremum. Isoperimetric problems. Direct methods in variational problems. Euler finite difference method. Ritz method. Kantorovich method.	ЛК, ЛР
Section 2. Second quantization of systems consisting of many fermions.	Representation of occupation numbers for systems of noninteracting fermions at low energies. Systems of fermions interacting through pair forces. Statistical operator. Density matrix. Method of Equations of Motion for Particle Fields. Hartree-Fock equation.	ЛК, ЛР
Section 3. Theory of Thomas-Fermi.	Relationship between electron density and potential. The principle of minimum energy and chemical potential. Properties of atoms and ions. Introduction of exchange effects. Correlation within the framework of the Thomas-Fermi theory. Density Gradient Corrections. Screening of charges in metals and semiconductors. The virial theorem and scaling relations in the Thomas-Fermi theory.	ЛК, ЛР
Section 4. Fundamentals of the density functional method. Hohenberg Kohn's theorem.	Hohenberg-Kohn theorem. Connection between sets of Hamiltonians and density functions. Total energy of the ground state of a Fermi system as a functional of particle density. Average values of physical quantities as density functionals. Variational approach and self-consistent equations. Approximations for the exchange-correlation energy. Local density approximation. Description of the exchange-correlation energy using the pair correlation function. Approximations for the kinetic energy functional. Gradient expansion for the kinetic energy functional. The virial theorem and scaling relations in the density functional method as criteria for the correctness of the results obtained. Perturbation theory in the density functional method. Linear response of the system to an external disturbance. Ensembles at nonzero temperature. excited states.	ЛК, ЛР

## 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	

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

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

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Барановский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 428 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/113631>
2. Chen, Jianhua, Zhenghe Xu, and Ye Chen. "Electronic structure and surfaces of sulfide minerals." *Density functional theory and applications* (2020): 181-236.
3. Демьянов, Александр, Николай Евсеев, and Олег Динариев. *Основы метода функционала плотности в гидродинамике*. Litres, 2022.

### *Дополнительная литература*

1. Zhu, Chaoyuan, ed. *Time-Dependent Density Functional Theory: Nonadiabatic Molecular Dynamics*. CRC Press, 2022.

*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](http://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 «Mathematical Modelling in Nanoindustry».

\* - 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 «Mathematical Modelling in Nanoindustry» 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

**А.И. Карцев**

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.