

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 31.05.2023 23:46:30  
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**

**Квантовая механика в наносистемах**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

(код и наименование направления подготовки/специальности)

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

Инженерно-физические технологии в nanoиндустрии (совместно с Евразийским национальным университетом им. Л.Н. Гумилева)

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Квантовая механика в наносистемах» является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области нанотехнологий, физических процессах, происходящих в полупроводниковых материалах и приборных структурах; развитие физического мышления и технологических навыков, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Квантовая механика в наносистемах» 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-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1. Понимает роль руководителя команды, и знает, как выработать основные стратегии, для достижения поставленных целей
		УК-3.2. Понимает особенности поведения людей в команде, с которой работает
		УК-3.3. Умеет эффективно взаимодействовать с членами команды, для достижения поставленных целей
ОПК-1	Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	ОПК-1.1. Знает основные законы, положения и методы в области естественных наук и математики
		ОПК-1.2. Умеет выявлять естественно-научную сущность проблем в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлений, руководствуясь законами и методами естественных наук и математики
		ОПК-1.3. Владеет инструментами анализа и решения инженерных и научно-технических задач в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлений
ПК-3	Готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники	ПК-3.1. Знаком с программным обеспечением для компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники
		ПК-3.2. Умеет разрабатывать физические и математические модели в области нанотехнологии и микросистемной техники
		ПК-3.3. Владеет навыками компьютерного моделирования исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Квантовая механика в наносистемах» относится к вариативной компоненте базовой части блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или

практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Квантовая механика в наносистемах».

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-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	Основы применения нанотехнологий и микросистемной техники	Технологическая практика Преддипломная практика Государственный экзамен
ОПК-1	Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей	Основы применения нанотехнологий и микросистемной техники Введение в микро- и наноэлектромеханические системы	Материалы наноструктурных установок Научно-исследовательская работа Технологическая практика Государственный экзамен
ПК-3	Готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники	Технологии программирования в наноиндустрии	Modeling of nanoobjects Научно-исследовательская работа Преддипломная практика Государственный экзамен Выпускная квалификационная работа

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

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Квантовая механика в наносистемах» составляет 6 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)			
		1	2	3	4
Контактная работа, ак.ч.	72	72			
Лекции (ЛК)	36	36			
Лабораторные работы (ЛР)	-	-			
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36	36			

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		1	2	3	4
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	117	117			
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	27	27			
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	216	216		
	зач.ед.	6	6		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Корпускулярно – волновой дуализм.	Тема 1.1. Спектр излучения абсолютно черного тела, фотоэффект, эффект Комптона	ЛК, СЗ
	Тема 1.2. Гипотеза Л. Де Бройля	ЛК, СЗ
	Тема 1.3. Дифракция электронов	ЛК, СЗ
Раздел 2. Спин и тождественность частиц.	Тема 2.1. Открытие спина. Магнетон Бора. Оператор спина.	ЛК, СЗ
	Тема 2.2. Уравнение Паули. Свойства матриц Паули.	ЛК, СЗ
	Тема 2.3. Принцип тождественности частиц. Многоэлектронные атомы.	ЛК, СЗ
Раздел 3. Законы дисперсии для свободных электронов и пустой решетки.	Тема 3.1. Законы дисперсии для свободных электронов и пустой решетки. Квазиимпульс и квазичастица. Непрерывность и разрывность закона дисперсии.	ЛК, СЗ
	Тема 3.2. Прохождение и отражение волн от решетки. Малый периодический решеточный потенциал. Разложение потенциала в ряд Фурье.	ЛК, СЗ
	Тема 3.3. Разрешенные и запрещенные области энергии.	ЛК, СЗ
Раздел 4. Построение зоны Бриллюэна, понятие эффективной массы	Тема 4.1. Полное внутреннее отражение на границах зон Бриллюэна.	ЛК, СЗ
	Тема 4.2. Эффективная масса и кривизна закона дисперсии.	ЛК, СЗ
Раздел 5. Туннелирование	Тема 5.1. Свободный электрон как плоская волна. Туннелирование (подбарьерное прохождение). Надбарьерное отражение. Резонансное туннелирование.	ЛК, СЗ
	Тема 5.2. Самофокусировка. Принцип неопределенностей Гейзенберга.	ЛК, СЗ

## 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	

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
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. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебное пособие для вузов / В. И. Старосельский. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 463 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-0808-4; Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/425163>.
2. Плотников, Г. С. Микроэлектроника: основы молекулярной электроники : учебное пособие для вузов / Г. С. Плотников, В. Б. Зайцев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 166 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-03637-4; Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/438394>
3. Кудреватых, Н. В. Физика металлов. Редкоземельные металлы и их соединения : учебное пособие для вузов / Н. В. Кудреватых, А. С. Волегов. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 197 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-9916-9977-8 ; Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/438152>
4. Никитенков, Н. Н. Технология конструкционных материалов. Анализ поверхности методами атомной физики : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / Н. Н. Никитенков. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 202 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-9916-6528-5; Режим доступа:

<https://www.biblio-online.ru/bcode/433936>

*Дополнительная литература:*

1. Илюшин, А. С. Дифракционный структурный анализ в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для вузов / А. С. Илюшин, А. П. Орешко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 299 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-04324-2; Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/438750>
2. Рачков, М. Ю. Физические основы измерений : учебное пособие для академического бакалавриата / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 146 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-09510-4; Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/437556>

*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/>

- РИНЦ - национальная библиографическая база данных научного цитирования  
<https://elibrary.ru/authors.asp>

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

1. Курс лекций по дисциплине «Квантовая механика в наносистемах».

\* - 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

«Квантовая механика в наносистемах» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

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

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

**Доцент кафедры «Нанотехнологии  
и микросистемная техника»**

\_\_\_\_\_  
Должность, БУП



\_\_\_\_\_  
Подпись

**Е.А. Гостева**

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

**Заведующий кафедрой  
«Нанотехнологии и  
микросистемная техника»**

\_\_\_\_\_  
Наименование БУП



\_\_\_\_\_  
Подпись

**С.В. Попов**

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

**Доцент кафедры «Нанотехнологии  
и микросистемная техника»**

\_\_\_\_\_  
Должность, БУП



\_\_\_\_\_  
Подпись

**С.В. Агасиева**

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.