

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 21.05.2026 16:33:14
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):

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОПТО-, НАНО- И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Квантовая механика в наносистемах» входит в программу магистратуры «Новые материалы и технологии опто-, нано- и микроэлектроники» по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» и изучается в 1 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Базовая кафедра «Нанотехнологии и микросистемная техника». Дисциплина состоит из 5 разделов и 10 тем и направлена на изучение корпускулярно-волнового дуализма, спина, дисперсионных соотношений и туннелирования электронов в наносистемах.

Целью освоения дисциплины является сформировать понимание квантового поведения электронов в твёрдом теле и наносистемах и навыки анализа зонной структуры и квантового транспорта.

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 | Способен 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 обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования 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; |
| 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; Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы); Научно-исследовательская работа; Технологическая практика; |
| ПК-3 | Способен разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники | | Modeling of Nanoobjects; Технологии программирования в nanoиндустрии; Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы); Научно-исследовательская работа; Преддипломная практика; |

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

** - элективные дисциплины /практики

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 образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

| Вид учебной работы | ВСЕГО, ак.ч. | | Семестр(-ы) |
|--|----------------|------------|-------------|
| | | | 1 |
| <i>Контактная работа, ак.ч.</i> | 72 | | 72 |
| Лекции (ЛК) | 36 | | 36 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | | 0 |
| Практические/семинарские занятия (СЗ) | 36 | | 36 |
| <i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i> | 117 | | 117 |
| <i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i> | 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

| Номер раздела | Наименование раздела дисциплины | Наименование темы | | Содержание темы | Вид учебной работы* |
|---------------|------------------------------------|-------------------|---|---|---------------------|
| Раздел 1 | Корпускулярно волновой дуализм | 1.1 | Кванты излучения и фотоэффект | Спектр излучения абсолютно чёрного тела, квантование энергии, фотоэффект и объяснение экспериментальных данных в рамках квантовой теории. | ЛК, СЗ |
| | | 1.2 | Гипотеза де Бройля и дифракция частиц | Гипотеза де Бройля, длина волны частицы, наблюдения дифракции электронов и нейтронов, следствия для описания движения микрочастиц. | ЛК, СЗ |
| Раздел 2 | Спин и тождественность частиц | 2.1 | Спиновые степени свободы | Открытие спина, магнетон Бора, оператор спина и собственные состояния, эксперименты типа Штерна–Герлаха. | ЛК, СЗ |
| | | 2.2 | Уравнение Паули и многоэлектронные атомы | Уравнение Паули, свойства матриц Паули, принцип тождественности частиц, симметрия волновых функций для фермионов и бозонов, многоэлектронные атомы. | ЛК, СЗ |
| Раздел 3 | Законы дисперсии | 3.1 | Свободные электроны и пустая решётка | Законы дисперсии для свободных электронов, понятия квазиимпульса и квазичастицы, модель пустой решётки. | ЛК, СЗ |
| | | 3.2 | Периодический потенциал и зонная структура | Прохождение и отражение волн от периодической решётки, разложение потенциала в ряд Фурье, формирование разрешённых и запрещённых зон энергии. | ЛК, СЗ |
| Раздел 4 | Зона Бриллюэна и эффективная масса | 4.1 | Построение зон Бриллюэна | Определение первой зоны Бриллюэна, условия Брэгговского отражения, границы зон. | ЛК, СЗ |
| | | 4.2 | Эффективная масса и кривизна спектра | Связь кривизны закона дисперсии с эффективной массой носителей заряда, влияние на транспортные свойства. | ЛК, СЗ |
| Раздел 5 | Туннелирование | 5.1 | Подбарьерное прохождение и резонансное туннелирование | Квантовое туннелирование через потенциальный барьер, коэффициент прохождения, резонансное туннелирование в многослойных структурах. | ЛК, СЗ |
| | | 5.2 | Неопределённости и локализация | Принцип неопределённости Гейзенберга, связь с туннелированием и временем пребывания, самофокусировка волн. | ЛК, СЗ |

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

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. | Нет |
| 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. | Нет |
| Для самостоятельной работы | Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС. | Нет |

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

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Ефремов, Ю. С. Квантовая механика : учебное пособие для вузов / Ю. С. Ефремов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 458 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04975-6
2. Ермаков, А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 1. Квантовая механика : учебник и практикум для вузов / А. И. Ермаков. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 183 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00127-3
3. Ермаков, А. И. Квантовая механика и квантовая химия. В 2 ч. Часть 2. Квантовая химия : учебник и практикум для вузов / А. И. Ермаков. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 402 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00128-0
4. Галочкин В. А. Введение в нанотехнологии и нанoeлектронику. – М.: АСТ, 2023.
5. Поленов Ю. В. Наноматериалы и нанотехнологии. Учебник. – СПб.: Лань, 2021.

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
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

3. 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

4. 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

5. 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

6. 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

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

<https://mega.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 «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>

- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>

- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>

- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

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!**

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент

Должность, БУП

Подпись

Карцев Алексей Иванович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой

Должность БУП

Подпись

Попов Сергей Викторович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Доцент

Должность, БУП

Подпись

Агасиева Светлана
Викторовна

Фамилия И.О.