

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Обязательная |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.О.17 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 4 семестр - 5; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 180 часов |
| Лекции | 4 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 4 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 4 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 4 семестр - 113,5 часов; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 4 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Григорьев С.В. |
| | Идентификатор | R5d2a4c31-GrigoryevSV-18e45d7 |

(подпись)

С.В. Григорьев

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Баринов А.Д. |
| | Идентификатор | Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f |

(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|--|--|---------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Мирошникова И.Н. |
| | Идентификатор | Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8 |

(подпись)

И.Н.

Мирошникова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: формирование естественнонаучного мировоззрения, а также умения применять законы физики для решения практических задач по своему профилю подготовки

Задачи дисциплины

- изучение основных физических явлений;
- овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями физики, а также методами физического исследования;
- овладение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|--|---|
| ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ИД-1 _{ОПК-1} Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы | знать: - фундаментальные законы квантовой механики. |
| ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ИД-2 _{ОПК-1} Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера | уметь: - рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки. |
| ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ИД-3 _{ОПК-1} Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач | уметь: - определять, какие законы квантовой механики обуславливают явления или процессы в устройствах различной физической природы, и выполнять применительно к ним простые технические расчёты. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Микроэлектроника и твердотельная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные определения, законы и теоремы высшей математики и физики
- уметь решать типовые задачи по высшей математике и физике

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Математические основы квантовой теории | 48 | 4 | 8 | - | 12 | - | - | - | - | - | 28 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Математические основы квантовой теории" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 111-130 [2], с. 13-80; с. 87-126 [3], с. 14-125 [4], с. 36-45 [5], с. 147-221 [6], с. 14-125 | |
| 1.1 | Математические основы квантовой теории | 48 | | 8 | - | 12 | - | - | - | - | - | 28 | - | | |
| 2 | Квантовая механика электрона и атома | 56 | | 14 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 28 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Квантовая механика электрона и атома" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 131-184 [2], с. 133-197, 300-344, 529-548 [3], с. 183-295, 358-407 [4], с. 46-58 [5], с. 226-281 [6], с. 183-295, 358-407 |
| 2.1 | Квантовая механика электрона и атома | 56 | | 14 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 28 | - | |
| 3 | Статистическая физика | 40 | | 10 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 24 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Статистическая физика" |
| 3.1 | Статистическая физика | 40 | 10 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 24 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|-------|--|
| | | | | | | | | | | | | | <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], с. 273-296 [3], с. 488-525 [5], с. 313-370 [6], с. 488-525 |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 180.0 | 32 | - | 32 | - | 2 | - | - | 0.5 | 80 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 180.0 | 32 | - | 32 | | 2 | | - | 0.5 | | 113.5 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Математические основы квантовой теории

1.1. Математические основы квантовой теории

Квантовое состояние, стационарные и нестационарные состояния, вектор состояния. Принцип суперпозиции, суперпозиция квантовых состояний, линейное пространство состояний. Понятие о квантовых вычислениях. Операторы в пространстве состояний. Операторы импульса и координат. Гамильтониан. Коммутация операторов. Принцип неопределенностей.

2. Квантовая механика электрона и атома

2.1. Квантовая механика электрона и атома

Момент импульса в квантовой механике. Неопределенность вектора момента для квантовой частицы. Операторы момента, соотношения коммутации. Орбитальный момент, правило квантования орбитального момента. Спин элементарных частиц, квантование спина, частицы Ферми и частицы Бозе, принцип Паули. Пространственная четность, операция пространственной инверсии, полярные и аксиальные векторы, оператор инверсии и его собственные значения, четность состояния, четность электрона в атоме. Атом водорода. Движение электрона в поле центральной силы, сохранение момента импульса в центральном поле, радиальная волновая функция, центробежная энергия, квантование энергии электрона в кулоновском поле. Спектр энергий атома водорода, квантовые числа и волновые функции стационарных состояний атома водорода, вырождение энергетических уровней, кратность вырождения. Квантование энергии в одновалентных атомах. Спин-орбитальное взаимодействие, тонкая (мультиплетная) структура энергетических уровней в атомах, расщепление уровней в водородоподобных атомах, нумерация энергетических термов с учетом тонкой структуры. Атом в магнитном поле. Магнитный момент электрона, магнетон Бора, правило квантования орбитального и спинового магнитного момента, оператор взаимодействия магнитного момента электрона с магнитным полем. Простой эффект Зеемана, квантование магнитного момента электрона в сильном магнитном поле, расщепление энергетических уровней одновалентных атомов (на примере s- и p- состояний), расщепление спектральных линий, образование спектрального триплета. Сложный эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс. Возмущения квантовой системы. Стационарные и нестационарные возмущения. Резонансные переходы под влиянием периодического возмущения, вероятность перехода в единицу времени. Оптические переходы в атоме, скорость дипольных переходов. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Спектральные линии, уширение линий.

3. Статистическая физика

3.1. Статистическая физика

Тождественность частиц. Перестановки тождественных частиц, симметричные и антисимметричные состояния системы многих частиц. Ферми и Бозе – статистика, принцип Паули, электронный газ в металле, бозе – конденсация.

3.3. Темы практических занятий

1. Атом водорода по Бору;
2. Квантовые статистики;
3. Эффект Зеемана. Спин в магнитном поле;
4. Атом водорода;
5. Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор;

6. Уравнение Шредингера. Потенциальный барьер, туннельный эффект;
7. Уравнение Шредингера. Движение частицы в потенциальной яме;
8. Волны де Бройля. Соотношения неопределенностей.

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ
Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|-----------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Знать: | | | | | |
| фундаментальные законы квантовой механики | ИД-1 _{ОПК-1} | + | | | Контрольная работа/Математические основы квантовой теории |
| Уметь: | | | | | |
| рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки | ИД-2 _{ОПК-1} | | + | | Контрольная работа/Квантовая механика электрона и атома Контрольная работа/Квантово-механическое описание атома водорода и водородоподобных атомов или ионов |
| определять, какие законы квантовой механики обуславливают явления или процессы в устройствах различной физической природы, и выполнять применительно к ним простые технические расчёты | ИД-3 _{ОПК-1} | | | + | Контрольная работа/Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана Контрольная работа/Квантовая механика электрона и атома |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

4 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана (Контрольная работа)
2. Квантовая механика электрона и атома (Контрольная работа)
3. Квантово-механическое описание атома водорода и водородоподобных атомов или ионов (Контрольная работа)
4. Математические основы квантовой теории (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №4)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов . – 2-е изд., доп . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004 . – 256 с. – (Технический университет) . - ISBN 5-947740-58-3 .;
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория) : Учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Ред. Л. П. Питаевский . – 5-е изд., стереотип . – М. : Физматлит, 2001 . – 808 с. - ISBN 5-922100-57-2 .;
3. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие / Д. И. Блохинцев . – 8-е изд . – М. : Эдиториал УРСС, 2015 . – 672 с. – (Физико-математическое наследие: физика (квантовая механика)) . - ISBN 978-5-9710-1720-2 .;
4. Иродов, И. Е. Задачи по квантовой физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов . – 2-е изд., испр . – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2006 . – 216 с. - ISBN 5-932080-56-6 .;
5. Суханов, А. Д. Лекции по квантовой физике : Учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов / А. Д. Суханов . – М. : Высшая школа, 1991 . – 383 с. - ISBN 5-06-002061-4 .;
6. Блохинцев Д. И.- "Основы квантовой механики", (7-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (672 с.)
<https://e.lanbook.com/book/167719>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;

3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Б-200, Лекционная учебная аудитория | парта со скамьей, трибуна, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, экран, колонки, компьютер персональный |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | А-201/1, Кабинет сотрудников каф. Физики | стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, колонки, компьютер персональный, принтер |
| | А-201/1а, Кабинет | кресло рабочее, стол, стул, шкаф для |

| | | |
|--|--|---|
| | сотрудников каф. Физики | документов, стол письменный, колонки, компьютер персональный |
| | А-201/1б, Кабинет сотрудников каф. Физики | кресло рабочее, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, колонки, компьютер персональный |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Б-101/1, Склад каф. Физики им. В.А. Фабриканта | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальные вопросы физики

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Математические основы квантовой теории (Контрольная работа)
 КМ-2 Квантово-механическое описание атома водорода и водородоподобных атомов или ионов (Контрольная работа)
 КМ-3 Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана (Контрольная работа)
 КМ-4 Квантовая механика электрона и атома (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Математические основы квантовой теории | | | | | |
| 1.1 | Математические основы квантовой теории | | + | | | |
| 2 | Квантовая механика электрона и атома | | | | | |
| 2.1 | Квантовая механика электрона и атома | | | + | | + |
| 3 | Статистическая физика | | | | | |
| 3.1 | Статистическая физика | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 10 | 20 | 20 | 50 |