

**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 наноэлектроника**

**Наименование образовательной программы: Микроэлектроника и твердотельная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Рабочая программа дисциплины  
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ**

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

**Москва 2025**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ		
Владелец	Лапина Л.Г.	
Идентификатор	R5051c6eb-LapinaLG-295ccd67	

Л.Г. Лапина

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

А.Д. Баринов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ		
Владелец	Зезин Д.А.	
Идентификатор	Re7522a00-ZezinDA-ba8dbd73	

Д.А. Зезин

## **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**:

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Запланированные результаты обучения</b>
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-1опк-1 Владеет фундаментальными законами природы и основные физические и 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-2опк-1 Применяет 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-3опк-1 Применяет навыки использования знаний физики и математики при решении практических задач	уметь: - определять, какие законы квантовой механики обусловливают 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	-				

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

**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;
2. Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор;
3. Уравнение Шредингера. Потенциальный барьер, туннельный эффект;
4. Уравнение Шредингера. Движение частицы в потенциальной яме;
5. Волны де Броиля. Соотношения неопределенностей;

6. Атом водорода по Бору;
7. Квантовые статистики;
8. Эффект Зеемана. Спин в магнитном поле.

**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	
<b>Знать:</b>					
фундаментальные законы квантовой механики	ИД-1опк-1	+			Контрольная работа/Математические основы квантовой теории
<b>Уметь:</b>					
рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	ИД-2опк-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 обусловливают явления или процессы в устройствах различной физической природы, и выполнять применительно к ним простые технические расчёты	ИД-3опк-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. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др.).

### **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**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
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, компьютерная сеть с выходом в Интернет, 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	A-201/1, Кабинет сотрудников каф. Физики	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
	A-201/1а, Кабинет сотрудников каф. Физики	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, колонки, компьютер персональный
	A-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	стеллаж для хранения инвентаря, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия

**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:	KM-1	KM-2	KM-3	KM-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