

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факульте-
та радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
_____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая механика и статистическая физика в микроэлектронике (наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): Микроэлектроника и твердотельная электроника
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения очная Срок обучения нормативный

Кафедра полупроводниковой электроники и нанoeлектроники
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: Кошелева Н.Н., к.т.н.
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ
(наименование факультета)

Протокол № _____ от «_____» _____ 2016 г.

Председатель методической комиссии Москаленко А.Г.
(Ф.И.О)

Воронеж 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель Ученого совета факульте-
 та радиотехники и электроники
 проф. Небольсин В.А. _____
 _____ (подпись)
 _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Квантовая механика и статистическая физика в микроэлектронике (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
 (код, наименование)

Профиль: Микроэлектроника и твердотельная электроника
 (название профиля по УП)

Часов по УП: 108; Часов по РПД: 108;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 108; Часов по РПД: 108;

Часов на самостоятельную работу по УП: 36 (33%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36 (33%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 3;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты - 5; Зачеты с оценкой – 0; Кур-
 совые проекты - 0; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции									36	36							36	36
Лабораторные									-	-							-	-
Практические									36	36							36	36
Ауд. занятия									72	72							72	72
Сам. работа									36	36							36	36
Итого									108	108							108	108

Сведения о ФГОС 3+, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».
Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218

Программу составил: _____ к.т.н., Кошелева Н.Н.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____ Коваленко П.Ю., к.т.н., зам. гл. инженера АО «ВЗПП-С»

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 “Электроника и наноэлектроника”, профиль “Микроэлектроника и твердотельная электроника”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – обучение студентов основным понятиям, моделям и методам квантовой механики и статистической физики, принципам поведения вещества на атомно-молекулярном уровне с тем, чтобы целенаправленно воздействовать на окружающий нас мир и управлять им.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	заложить фундамент основных понятий и теорий статистической и современной квантовой физики
1.2.2	научить студентов, творчески использовать теоретические знания для решения конкретных практических задач
1.2.3	освоить физический инструментарий и овладеть навыками и приемами измерения физических величин
1.2.4	подготовить студентов к активному использованию приобретенных знаний и умений как при изучении смежных и других дисциплин подготовки специалиста, так и в своей дальнейшей профессиональной деятельности

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.3.1
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Б1.Б.6	Физика
Б1.В.ОД.5	Спецглавы физики
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б1.Б.17	Нанoeлектроника
Б1.В.ОД.12	Функциональная электроника
Б1.В.ДВ.7.1	Физические основы сенсорики
Б1.В.ДВ.10.1	Основы лучевых и плазменных технологий

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные определения, понятия и законы квантовой механики и статистической физики (ОПК-1);
3.1.2	использование физических законов и уравнений для решения конкретных практических задач (ОПК-2);

3.2	Уметь:
3.2.1	интерпретировать наблюдаемые природные явления и технологические процессы, на основе известных физических теорий (ОПК-2);
3.2.2	планировать физический эксперимент, проводить измерения физических величин, анализировать экспериментальные данные и оценивать погрешности измерений (ОПК-2, ОПК-5);
3.3	Владеть:
3.3.1	информацией об области применения законов квантовой механики (ОПК-1);
3.3.2	методиками обработки экспериментальных данных и способами оценки их погрешностей (ОПК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Элементы квантовой механики	5	1-6	12	16	-	6	32
2	Изображение механических величин операторами	5	7	2	2	-	6	10
3	Элементы квантовой статистики и физики твердого тела	5	8-10	6		-	6	12
4	Основы зонной теории	5	11-13	6		-	6	18
5	Стационарная теория возмущения	5	14-15	4	14	-	6	18
6	Теория многоэлектронных систем. Метод Хартри-Фока	5	16	2		-	4	10
7	Матрица плотности	5	17-18	4		-	2	8
Итого				36	36	-	36	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
Элементы квантовой механики		12	
1	Гипотеза де-Бройля. Волны де-Бройля. Дифракция электронов и атомов. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Статистическое толкование волн де-Бройля. Уравнение Шредингера – временное и стационарное. Движение свободной частицы.	2	
2	Частица в одномерной потенциальной яме. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов. Принцип размерного квантования. Квантование энергии и импульса частицы.	2	
3	Энергетические состояния в прямоугольной потенциальной яме сложной формы. Частица в трехмерной прямоугольной	2	

	потенциальной яме. Отражение и прохождение через потенциальный барьер (туннельный эффект).		
4	Теория атома водорода по Бору. Квантование электронных орбит и энергии. Объяснение закономерностей в атомных спектрах. Недостатки теории Бора.	2	
5	Атом водорода в квантовой механике. Квантование энергии, импульса, момента импульса электрона в атоме водорода. Квантовые числа. Принцип Паули. Правила заполнения электронных орбит.	2	
6	Понятие об энергетических уровнях молекул. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры	2	
Изображение механических величин операторами		2	
7	Линейные самосопряженные операторы. Общая формула для среднего значения величины и для среднего квадратичного отклонения. Операторы координаты и импульса частицы. Оператор кинетической энергии. Оператор полной энергии. Сложение и умножение операторов. Описание состояния системы в квантовой механике.	2	
Элементы квантовой статистики и физики твердого тела		6	
8	Понятие о квантовой статистике Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака. Теплоемкость твердых тел. Распределение электронов проводимости в металле по энергиям. Энергия Ферми. Сверхпроводимость	2	
9	Энергетические зоны в кристаллах. Распределение электронов по энергетическим уровням. Валентная зона и зона проводимости. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственная проводимость полупроводников. Квазичастицы — электроны проводимости и дырки.	2	
10	Эффективная масса. Примесная проводимость полупроводников. Электронный и дырочный полупроводники	2	
Основы зонной теории		6	
11	Уравнение Шредингера. Волновая функция. Стационарные состояния. Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение.	2	
12	Функция Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Энергетический спектр в кристалле. Модель Кронига-Пенни. Эффективная масса электрона.	2	
13	Приближение сильной и слабой связи. Энергетические уровни примеси в кристаллах.	2	
Стационарная теория возмущений		4	
14	Стационарная теория возмущений (невыврожденный случай и с учётом вырождения).	2	
15	Нестационарная теория возмущений. Золотое правило Ферми. Борновское приближение.	2	
Теория многоэлектронных систем. Метод Хартри-Фока		2	
16	Многоэлектронные атомы. Приближение независимых электронов. Метод самосогласованного поля Хартри. Теория многоэлектронных систем. Метод Хартри-Фока. Метод Хартри-Фока. Аппроксимации атомных орбиталей, орбитали Слетера-Зенера.	2	
Матрица плотности		4	

17	Чистое и смешанное состояния. Матрица плотности для чистых состояний и ее свойства. Физический смысл диагональных элементов матрицы плотности, среднее значение физических величин.	2	
18	Уравнение фон Неймана. Классический предел уравнения фон Неймана для классических функций распределения. Теорема Лиувилля.	2	
Итого часов		36	

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Наименование практической работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
Элементы квантовой механики		16		
1	Постулаты квантовой механики	2		
2	Решение задач, связанных с темой «Волны де Бройля»	2		
3,4	Решение задач, связанных с прохождением частиц через потенциальные барьеры, потенциальные ямы	4		Устный опрос
5	Решение задач, связанных с темой «Квантовые состояния и волновые функции» (квантовые состояния, волновые функции, суперпозиция, нормирование волновых функций)	2		
6	Атомные орбитали, классификация, пространственная структура	2		
7, 8	Свойство водородоподобного атома, энергия АО, среднее расстояния до ядра, спектр водородоподобных атомов	4		
9	Решение задач, связанных с переходами между различными состояниями водородоподобных атомов	2		
Изображение механических величин операторами		2		
10	Решение задач по теме «Операторы» (основные физические операторы, эрмитовость операторов, собственные значения и функции, спектр собственных значений, непрерывный спектр, среднее значение)	2		
Элементы квантовой статистики и физики твердого тела		4		
11	Решение задач, связанных с темой «Уравнение Шредингера»	4		Устный опрос
Стационарная теория возмущения		14		
12,13	Решение задач по теме «Стационарная теория возмущения для случая отсутствия вырождения»	4		
14,15	Решение задач по теме «Стационарная теория возмущения для близких уровней и при наличии вырождения»	4		
16, 17	Решение задач по теме «Применение вариаци-	4		

	онного метода к приближенным расчетам»		
18	Зачетное занятие	2	
Итого часов		36	

4.3. Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
5 семестр		Экзамен	36
2	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
3	Подготовка к выполнению практ. работы	допуск к выполнению	2
4	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
5	Подготовка к выполнению практ. работы	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
6	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
7	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
8	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
9	Подготовка к выполнению практ. работы	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
10	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
11	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
12	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
13	Подготовка к выполнению практ. работы	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
14	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
15	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
16	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
17	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
18	Работа с конспектом лекций, с учебником Подготовка к экзамену		3

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Информационные лекции;
5.2	Практические занятия: а) работа в команде - совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий, решение творческих задач (метод Делфи); б) проведение контрольных работ;
5.3	лабораторные работы: – выполнение практических работ в соответствии с индивидуальным графиком, – защита выполненных работ;
5.4	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала,

	<ul style="list-style-type: none"> – подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка реферата, отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету;
5.5	консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: <ul style="list-style-type: none"> – контрольные работы; – отчет и защита выполненных лабораторных работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные варианты контрольных работ, вопросы к зачету. Фонд оценочных средств представлен в учебно – методическом комплексе дисциплины.
5 семестр	
6.2.4	Устный опрос по теме «Прохождением частиц через потенциальные барьеры, потенциальные ямы»
6.2.5	Устный опрос по теме «Уравнение Шредингера»
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Реферат по тематике, касающейся основных достижений физической науки и их практических применений.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Ландау Л.Д. и др.	Теоретическая физика : В 10 т.: Учеб. пособие. Т.3 : Квантовая механика. / Под ред. Л.П. Питаевского. - 5-е изд., стереотип. - М. : Физматлит, 2002. - 808 с.	2002	1,0
7.1.1.2	Павлов П.В., Хохлов А.Ф.	Физика твердого тела : Учеб. пособие / П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов. - 3-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2000. - 494с.	2000 печат.	0,7
7.1.1.3	Воробьев Л.Е.	Оптические свойства наноструктур : Учеб. пособие / Под общ. ред. В.И. Ильина, А.Я. Шика. - СПб. : Наука, 2001. - 188с. Допущено Мин. обр. РФ в качестве учеб.	2001, печат	0,4

		пособия для вузов		
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Галицкий В.М. Карнаков Б.М. Коган В.И.	Задачи по квантовой механике: учебное пособие для вузов	1992 печат.	0,5
7.1.2.2	Иродов И.Е.	Задачи по общей физике : Учеб. пособие / И.Е.Иродов. - 4-е изд., испр. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 432с.	2001 Печат.	0,5
7.1.2.3	Иродов И.Е.	Квантовая физика : Основные законы: [Учеб. пособие] / И.Е. Иродов. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 272с.	2001 Печат.	0,5
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1				1
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	Материалы представлены на сайте:			
7.1.4.3	Мультимедийные видеотрегменты:			
	– фильм «Квантовый скачок»			
7.1.4.4	Мультимедийные лекционные демонстрации:			
	– Презентации по теме «Элементы квантовой механики»			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	Дисплейный класс , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой по дисциплине
«Квантовая механика и статистическая физика в микроэлектронике»**

1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
1.1.1	Ландау Л.Д. и др.	Теоретическая физика : В 10 т.: Учеб. пособие. Т.3 : Квантовая механика. / Под ред. Л.П. Питаевского. - 5-е изд., стереотип. - М. : Физматлит, 2002. - 808 с.	2002	1,0
1.1.2	Павлов П.В., Хохлов А.Ф.	Физика твердого тела : Учеб. пособие / П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов. - 3-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2000. - 494с.	2000 печат.	0,7
1.1.3	Воробьев Л.Е.	Оптические свойства наноструктур : Учеб. пособие / Под общ. ред. В.И. Ильина, А.Я. Шика. - СПб. : Наука, 2001. - 188с. Допущено Мин. обр. РФ в качестве учеб. пособия для вузов	2001, печат	0,4
1.2. Дополнительная литература				
1.2.1	Галицкий В.М. Карнаков Б.М. Коган В.И.	Задачи по квантовой механике: учебное пособие для вузов	1992 печат.	0,5
1.2.2	Иродов И.Е.	Задачи по общей физике : Учеб. пособие / И.Е.Иродов. - 4-е изд., испр. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 432с.	2001 Печат.	0,5
1.2.3	Иродов И.Е.	Квантовая физика : Основные законы: [Учеб. пособие] / И.Е.Иродов. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 272с.	2001 Печат.	0,5

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

_____ Небольсин В.А.
(подпись)

_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Квантовая механика и статистическая физика в микроэлектронике

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Протокол № _____ от «___» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Лист регистрации изменений

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения