

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор АПИ НГТУ:
_____ Глебов В.В.
(подпись) (ФИО)
«29» 01 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.10 Физические основы микро- и наноэлектроники

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: Проектирование и технология радиоэлектронных средств
(наименование профиля, программы магистратуры)

Форма обучения: очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: 2025

Объем дисциплины: 216 / 6
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: экзамен
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра: КиТ РЭС
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: КиТ РЭС
(аббревиатура кафедры)

Разработчик(и): Баранова А.В., к.п.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2025 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного приказом Минобрнауки России от 19 сентября 2017 г. № 928 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ,
протокол от 29.01.2025 г. № 1

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 16.01.2024 г. № 1

Заведующий кафедрой _____ Жидкова Н.В.
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 29.01.2025 г. № 1

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 11.03.03-40

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля).....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам	6
5 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	10
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания	10
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	13
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости	13
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине	16
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине	17
6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
6.1 Основная литература	19
6.2 Дополнительная литература	19
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	19
7 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	19
8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	19
9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	20
10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	20
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии	20
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа	21
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах	21
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа	21
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	21
10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса	22

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины Физические основы микро- и наноэлектроники состоит в изучение физических законов, используемых в принципе действия элементов микроэлектронных и наноэлектронных устройств, приборов, блоков.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

К основным задачам освоения дисциплины относятся:

- изучение законов квантовой механики;
- изучение законов физической статистики;
- изучение физики полупроводниковых приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Физические основы микро- и наноэлектроники» включена в перечень дисциплин вариативной части (части, формируемой участниками образовательных отношений), определяющих направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Математика», «Материалы электронной техники», «Инженерная и компьютерная графика», в объеме программы бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Компоненты электронной техники», «Цифровые устройства и элементы электронных средств».

Рабочая программа дисциплины «Физические основы микро- и наноэлектроники» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Физические основы микро- и наноэлектроники» направлен на формирование элементов профессиональных компетенций ПКС-1 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств.

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов								
Введение в специальность								
Материалы электронной техники								
Специальные главы физики								
Физические основы микро- и наноэлектроники								
Основы электротехники								
Проектирование механических узлов электронных средств								
Колебательные процессы в электронных средствах								
Специальные разделы математики								

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Математические основы проектирования электронных средств								
Математические основы автоматизации								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Физико-химические основы технологии электронных средств								
Управление техническими системами								
Цифровые устройства и элементы электронных средств								
Управление качеством электронных средств								
Схемотехника								
Теоретические основы радиотехники								
Теория информации и кодирования								
Проектирование функциональных узлов								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Основы конструирования электронных средств								
Техническая электродинамика								
Теория цифровой обработки сигналов								
Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств								
Преддипломная практика								
Выполнение и защита ВКР								

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Физические основы микро- и наноэлектроники», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знать: Физические и математические законы, используемые в методической и нормативной базе в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств. Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.	Уметь: Пользоваться физическими и математическими законами, используемые в микро- и наноэлектронике. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы.	Владеть: Навыками выполнения технических расчетов в том числе с применением средств вычислительной техники.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. ед. или 216 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной / заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	252/252	216/216
1. Контактная работа:	90/36	90/32
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	84/30	84/26
занятия лекционного типа (Л)	36/10	36/8
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	36/12	36/10
лабораторные работы (ЛР)	12/8	12/8
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6/6	6/6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	–	–
текущий контроль, консультации по дисциплине	4/4	4/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2/2	2/2
2. Самостоятельная работа (СРС)	162/216	162/184
реферат/эссе (подготовка)	–	–
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	–	–
контрольная работа	–	–
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	–	–
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	126/180	126/148
Подготовка к экзамену (контроль)	36/36	36/36
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)	–	–

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной/заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов		
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			
3 семестр/4 семестр							
ПКС-1 ИПКС-1.2	Раздел 1. Основы квантовой механики						
	Тема 1.1 Уравнение Шредингера. Соотношение неопределенностей.	0,5/-			8/5	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.2.1], [6.2.2]	
	Тема 1.2 Движение свободных частиц вдоль оси х. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.	1/-			8/5		
	Тема 1.3 Движение микрочастиц: в глубокой потенциальной яме; периодические краевые условия, водородоподобный атом; линейный гармонический осциллятор.	0,5/-			8/5		
	Практическая занятие №1. Решение задач по теме 1.1.			2/-	2/-	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.2.1], [6.2.2]	
	Практическое занятие №2. Решение задач по теме 1.1.			2/-	2/-		
Итого по 1 разделу		2/-		4/-	28/15		
Раздел 2. Физическая статистика							
	Тема 2.1 способы описания состояния коллектива: термодинамический, статический.	1/-			10/5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.2.2]	
	Тема 2.2 Распределение микрочастиц по состояниям.	1/-			8/5		
	Тема 2.3 Понятия о нормальных колебаниях решетки; спектр нормальных колебаний; понятия о фотонах.	1/-					
	Практическое занятие №3. Решение задач по теме 2.1.			2/-	2/-	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.2.1], [6.2.2]	
	Итого по 2 разделу	3/-		2/-	20/10		
Раздел 3. Зонная теория твердого тела							
	Тема 3.1 Энергетический спектр твердого тела.	1/-			4/5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.2.2]	
	Тема 3.2 Зависимость энергии микрочастиц твердого тела от волнового числа.	0,5/-			-/5		
	Тема 3.3 Эффективная масса свободной частицы в твердом теле.	0,5/-			-/5		
	Итого по 3 разделу	2/-			4/15		
Раздел 4. Физические факторы определяющие концентрацию свободных носителей заряда в твердом теле.							
	Тема 4.1 Структура и энергетические диаграммы полупроводников	2/1			2/4	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]	
	Тема 4.2 Концентрация свободных носителей заряда	2/1			2/4		
	Практическое занятие №4 Решение задач по теме 4.1.			2/-	2/-		
	Практическое занятие №5 Решение задач по теме 4.2.			2/-	2/-	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]	
	Практическое занятие №6 Решение задач по теме 4.2.			2/-	2/-		
	Итого по 4 разделу	4/2		6/-	6/8		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов		
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			
Раздел 5. Законы движения свободных носителей заряда в твердом теле	Тема 5.1 Тепловое движение, дрейфовое движение, диффузионное движение	1/0,5			15/5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.2.2]	
	Тема 5.2 Электропроводность полупроводников	0,5/0,5			-/5		
	Тема 5.3 Неравновесные носители заряда, механизм рекомбинации.	2/0,5			-/5		
	Тема 5.4 Уравнения: непрерывности, диффузии, заряда.	1/0,5			-/5		
	Практическое занятие №7 Решение задач по теме 5.1.			2/1	2/2	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2]	
	Практическое занятие №8 Решение задач по теме 5.1.			2/1	2/2		
	Практическое занятие №9 Решение задач по теме 5.2.			2/-	2/-		
	Практическое занятие №10 Решение задач по теме 5.3.			2/-	2/-		
	Лабораторная работа №1 Определение эффективности времени жизни полупроводника		4/-		4/-	Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.3.1]	
	Итого по 5 разделу	4,5/2	4/-	8/2	27/24		
Раздел 6. Поверхностные явления	Тема 6.1 Поверхностные состояния	1/-			1/4	Подготовка к лекциям [6.1.1]	
	Тема 6.2 Поверхностная рекомбинация и подвижность свободных носителей зарядов	1/-			-/4		
	Тема 6.3 Эффект электростатического поля	1/-			-/4		
	Итого по 6 разделу	3/-			1/12		
	Раздел 7. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках						
Раздел 8. Электрические переходы	Тема 7.1 Виды оптического поглощения	1/0,5			2/4	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.2.5]	
	Тема 7.2 Фотоэлектрические явления в полупроводниках	1/0,5			-/4		
	Практическое занятие №11 Решение задач по теме 7.2.			2/-	2/-	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2]	
	Практическое занятие №12 Решение задач по теме 7.2.			2/-	2/-		
	Лабораторная работа №2 Исследование фотопроводимости полупроводников		4/4		4/4		
	Итого по 7 разделу	2/1	4/4	4/-	10/12		
	Тема 8.1 Классификация электрических переходов	1/-			4/5	Подготовка к лекциям	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов		
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			
	Тема 8.2 Электронно-дырочный (p-n) переход в равновесном состоянии, энергетическая диаграмма	1/0,5			-/3	[6.1.1], [6.2.1], [6.2.2]	
	Тема 8.3 (p-n) переход в неравновесном состоянии: прямое включение, обратное включение; ВАХ p-n перехода	2/1			-/3		
	Тема 8.4 Термические свойства p-n перехода. Термовой ток, термические свойства ВАХ параметров p-n перехода.	2/1			-/3		
	Тема 8.5 Сопротивления p-n перехода	0,5/0,5			-/3		
	Тема 8.6 ВАХ реального p-n перехода. Пробой p-n перехода	1/0,5			-/2		
	Тема 8.7 Емкости p-n перехода. Барьерная емкость, диффузионная емкость	1/0,5			-/2		
	Тема 8.8 Импульсные свойства p-n перехода	1/0,5			-/2		
	Тема 8.9 Электрические переходы: металл-полупроводник, гетеропереходы	1/0,5			-/2		
	Практическое занятие №13 Решение задач по теме 8.2.				2/2	2/2	
	Практическое занятие №14 Решение задач по теме 8.3.				2/2	2/2	
	Практическое занятие №15 Решение задач по теме 8.4.				2/2	2/2	
	Практическое занятие №16 Решение задач по теме 8.5.				2/2	2/2	
	Практическое занятие №17 Решение задач по теме 8.6.				2/-	2/-	
	Практическое занятие №18 Решение задач по теме 8.7.				2/-	2/-	
	Лабораторная работа №3 Исследование температурных свойств p-n перехода		4/4		4/4	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.2]	
	Итого по 8 разделу	10,5/5	4/4	12/8	20/37		
	Раздел 9. Наноэлектроника						
	Тема 9.1 Обзор научной базы наноэлектроники	1/-			10/5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.4]	
	Тема 9.2 Квантоворазмерные эффекты	1/-			10/4		
	Тема 9.3 Простейшие виды наноразмерных эффектов: квантовая яма, квантовая нить, квантовая точка. Важнейшие квантово механические характеристикиnano объектов.	1/-			10/3		
	Тема 9.4 2D электронный газ в магнитном поле. Квантовое сопротивление наноразмерных проводов.	2/-			10/3		
	Итого по 9 разделу	5/-			10/15		
	ИТОГО за семестр	36/8	12/8	36/10	126/148		
	ИТОГО по дисциплине	36/8	12/8	36/10	126/180		

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия, лабораторные работы	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценочные процедуры текущего контроля успеваемости по дисциплине «Физические основы микро- и наноэлектроники» проводятся преподавателем дисциплины.

На лекциях оценивается посещаемость студентом лекции, активность участия обучающегося в восприятии и обсуждении рассматриваемых вопросов, индивидуальные выступления по заданным на самостоятельное рассмотрение темам.

Для оценки текущего контроля знаний используется контрольная работа.

Контрольная работа по разделам 1-2 содержит по 18 тестовых вопросов, время на проведение - 45 минут.

Контрольные работы по разделам 3-5, 8 содержит 5 вопросов, требующих развернутого ответа. Время проведения – 90 минут.

Для оценки текущего контроля умений и навыков проводятся лабораторные работы и практические занятия в форме выполнения заданий. При выполнении практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на предложенные преподавателем контрольные вопросы устно или в письменном виде в конце отчета.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Студент допускается к промежуточной аттестации (экзамену), если в результате изучения разделов дисциплины в ходе текущего контроля ответил верно на 60% вопросов контрольной работы и предоставил отчеты по всем практическим и лабораторным работам.

Билет для промежуточной аттестации содержит 2 теоретических вопроса и практическое задание, 2 дополнительных вопроса, время на подготовку ответов и решение задания - 90 минут. Промежуточная аттестация считается пройденной, если студент набрал не менее 3 баллов.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Итоговая оценка по дисциплине формируется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (таблица 5.3).

По итогам освоения дисциплины «Физические основы микро- и наноэлектроники» проводится промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена и предполагает письменный ответ студента по билетам на теоретические вопросы и решение практических заданий из перечня.

*Количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			1 балл	0 баллов	
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знать: Физические и математические законы, используемые в методической и нормативной базе в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств. Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.	Верно выполнено 60 процентов и более контрольной работы*	Верно выполнено менее 60 процентов контрольной работы*	Проверка контрольных работ
		Уметь: Пользоваться физическими и математическими законами, используемые в микро- и наноэлектронике. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы.	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения практических заданий ПЗ №№1-18 (см. табл. 4.2)
		Владеть: Навыками выполнения технических расчетов в том числе с применением средств вычислительной техник.	Лабораторные работы выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Лабораторные работы не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения лабораторных работ №1-3 (см. табл. 4.2)

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (экзамен)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знать: Физические и математические законы, используемые в методической и нормативной базе в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств. Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.	Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на теоретический вопрос билета
		Уметь: Пользоваться физическими и математическими законами, используемые в микро- и наноэлектронике. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы.	Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на дополнительные вопросы
			Задание решено верно	Задание решено с ошибками	Задание не решено	Решение задач билета

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0 баллов	0...2 баллов	0 баллов	«неудовлетворительно»
1 баллов	3 балла	не менее 1 балла	«удовлетворительно»
2 баллов	4...5 баллов	не менее 2 баллов	«хорошо»
3 баллов	6 баллов	не менее 2 баллов	«отлично»

*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.;

**) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Типовые задания для лабораторных работ

Раздел 5. Законы движения свободных носителей заряда в твердом теле.

Лабораторная работа № 1. Определение эффективного времени жизни полупроводника

Задание к лабораторной работе

1. Определить время жизни неосновных носителей заряда в базе диода, указанного преподавателем при комнатной температуре.
2. Определить время жизни неосновных носителей заряда в базе диода в диапазоне температур от 20°C до 80°C через 20°C.
3. Вычислить t_p при разных температурах.
4. Построить графики зависимости t_p от температуры.

Типовые контрольные вопросы для практических занятий

Раздел 1. Основы квантовой механики

Практическая работа №1,2. Статистика равновесных носителей заряда в полупроводниках и основы квантовой механики

1. Записать распределение Ферми-Дирака для электронов и дырок.
2. Нарисовать распределение Ферми-Дирака для электронов при разной температуре.
3. Записать формулу длины волны де Броиля для электронов, имеющих энергию ϕ .
4. Записать соотношение неопределенности.
5. Записать связь между длиной волны де Броиля и импульсом.

Раздел 2. Физическая статистика

Практическое занятие №3. Основы зонной теории полупроводников

1. Нарисовать энергетические диаграммы собственного полупроводника, полупроводника n -типа, p -типа. Указать положение уровня Ферми в этих полупроводниках при температуре 300 К.
2. На какие свойства полупроводников влияет ширина запрещенной зоны?
3. Указать от чего зависит положение уровня Ферми.
4. Как изменяется ширина запрещенной зоны при изменении температуры?

Типовые задачи для практических занятий

Раздел 1. Основы квантовой механики.

Практическая работа №1,2 . Статистика равновесных носителей заряда в полупроводниках и основы квантовой механики

Задачи:

1. Какова вероятность найти электрон на нижнем уровне зоны проводимости ϕ в собственном германии (ширина запрещенной зоны $\phi_3 = 0,72 \text{ эВ}$), если температура образца равна: а) 30 К; б) 300 К; в) температуре точки плавления 937°C ; г) $10^{-60}; 10^{-6}; 10^{-1,5}$.

2. Какова вероятность найти электрон на нижнем уровне зоны проводимости при

комнатной температуре ($T = 300 \text{ K}$): а) в собственном германии ($E_g = 0,72 \text{ эВ}$); б) в собственном кремнии ($\phi_3 = 1,12 \text{ эВ}$); в) в алмазе ($\phi_3 = 5,6 \text{ эВ}$)? Что означают эти результаты?

3. Ширина запрещенной зоны ϕ_3 собственного кремния равна 1,12 эВ. Вычислить вероятность заполнения электроном уровня вблизи дна зоны проводимости при температурах 0 и 300 К. Как изменится эта вероятность при указанных температурах, если на полупроводник будет действовать электронное излучение с длинами волн $\lambda = 0,6 \text{ и } 2 \text{ мкм}$? Считать, что при $T = 300 \text{ K}$ ϕ_F практически равно $\phi_3 / 2$.

4. Вычислить дебройлевскую длину волны электрона и протона, движущихся с кинетической энергией 1,00 кэВ. При каких значениях кинетической энергии их длина волны будет равна 100pm? 39; 0,91 pm.

5. При увеличении энергии электрона на $\Delta\phi = 200 \text{ эВ}$ его дебройлевская длина волны изменилась в $n = 2,0$ раза. Найти первоначальную длину волны электрона.

Раздел 2. Физическая статистика

Практическое занятие №3 Тема: «Основы зонной теории полупроводников»

Задачи:

1. Найти положение уровня Ферми в собственном полупроводнике относительно середины запрещенной зоны при температуре 300 К, если эффективная масса электрона в 2 раза больше эффективной массы дырки.

2. Найти погрешность определения положения уровня Ферми в собственном кремнии при комнатной температуре 300 К.

3. В собственном полупроводнике концентрация электронов проводимости при $T=300 \text{ K}$ равна $1,5 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$. Найти ширину запрещенной зоны и положение уровня Ферми для этого полупроводника.

4. На сколько изменилось при нагревании германиевого проводника от $T=300 \text{ K}$ до 350 К положение уровня Ферми?

5. При легировании кремния фосфором пятый валентный электрон связан только с ионом фосфора. Определить какая требуется энергия, чтобы освободиться этому электрону и стать свободным, относительная диэлектрическая проницаемость кремния принять равной 12. Нарисовать энергетическую диаграмму и указать примесным уровнем.

Типовые тестовые задания для текущего контроля

Раздел 1-2.

Тест № 1.

1. Какими свойствами обладает волновая функция?

а) $\int_V u^* dv = 1$; $u^* dv$ – вероятность нахождения в объеме dv ;

б) $\int_V u^* dv = P$ – вероятность нахождения в объеме V ;

в) $\int_V u^* dv = E$ – энергия объема dv .

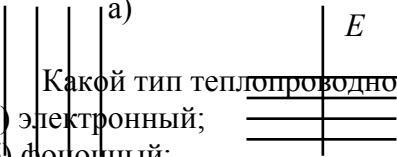
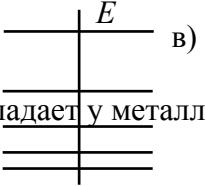
2. Волновая функция $A \exp[i(kx - \omega t)]$ представляет собой волну, движущуюся ...

а) в направлении оси X;

б) в противоположном направлении;

в) в произвольном направлении.

3. Указать спектр микрочастицы в глубокой потенциальной яме

4. a) 
б) 
в) 
- Какой тип теплопроводности преобладает у металлов?
а) электронный;
б) фононный;
в) электронный и фононный.

5. Что такая групповая скорость волн де Броиля?

- а) скорость перемещения фронта волны;
б) скорость движения частиц;
в) скорость перемещения фазы.

Раздел 3-5.

Тест № 2

№1

1. Что называется дрейфом свободных носителей заряда.
2. Нарисовать зависимость электропроводности от температуры и объяснить.
3. Записать уравнение непрерывности.
4. Записать закон действующих масс.
5. Определить плотность дрейфового тока в германии с концентрацией примеси.

$$N_a = 10^{16} \text{ cm}^{-3}; \quad m_i = 1900 \frac{\text{cm}^2}{B \text{ к}}; \quad m_p = 500 \frac{\text{cm}^2}{B \text{ к}}; \text{ при } T = 300\text{K}.$$

№2

1. Объяснить механизм ловушечной рекомбинации.
2. Записать уравнение диффузии.
3. Нарисовать зависимость m_i от T .
4. Что называется диффузионной длиной свободного пробега.
5. Что называется временем диэлектрической релаксации.

Раздел 8.

Билет № 1

1. Нарисовать ВАХ выпрямляющего перехода металл – полупроводник.
2. Чем объясняется наличие барьераной емкости $p - n$ перехода?
3. Что такое ток термогенерации в $p - n$ переходе?
4. Какая область $p - n$ перехода является базой?
5. Указать направление дрейфового потока дырок через $p - n$ переход.

Билет № 2

1. Нарисовать энергетическую диаграмму $p - n$ перехода в равновесном состоянии.
2. Какое включение $p - n$ перехода называется прямым?
3. Какой ток называется током термогенерации?
4. Какой участок ВАХ $p - n$ перехода называется омическим?
5. Нарисовать зависимость барьераной емкости от обратного напряжения.

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к экзамену

1. Волновое уравнение Шредингера.
2. Соотношение неопределенностей.
3. Движение свободных частиц вдоль оси X.
4. Прохождение частиц сквозь потенциальный барьер.
5. Движение частиц в потенциальной яме.
6. Термодинамический способ описания состояния частиц.
7. Статистический метод описания состояния частиц.
8. Число состояний микрочастиц.
9. Тепловые свойства твердого тела.
10. Понятие о фононах.
11. Тепловое расширение твердых тел.
12. Теплопроводность твердых тел.
13. Элементы зонной теории.
14. Дисперсионные кривые.
15. Теплоемкость твердого тела.
16. Эффективная масса электрона.
17. Понятие о свободных носителях заряда в полупроводниках.
18. Деление тел на проводники, полупроводники и диэлектрики.
19. Структура полупроводников и типы проводимости.
20. Концентрация свободных носителей заряда в полупроводниках.
21. Концентрация свободных носителей заряда.
22. Концентрация свободных зарядов в примесных полупроводниках.
23. Понятия наноточки, наноямы, нанонити.
24. Спектры наноразмерных объектов.
25. Дрейфовое движение свободных носителей в полупроводниках.
26. Электропроводность полупроводников.
27. Проводимость нанообъектов.
28. Эффекты сильного поля.
29. Неравновесные носители заряда.
30. Механизмы рекомбинации; скорость рекомбинации.
31. Уравнение непрерывности.
32. Уравнение диффузии.
33. Уравнение заряда.
34. Поверхностные состояния.
35. Подвижность и время жизни вблизи поверхности полупроводника.
36. Эффект поля.
37. p-n переход в состоянии равновесия.
38. Параметры p-n перехода в состоянии равновесия.
39. Прямое включение p-n перехода.
40. Обратное включение p-n перехода.
41. ВАХ идеального p-n перехода.
42. Сопротивление p-n перехода.
43. Температурные свойства p-n перехода.
44. Тепловой ток p-n перехода.
45. Отличие ВАХ реального p-n перехода от идеального.
46. Пробой p-n перехода.
47. Переходные процессы в p-n переходе.
48. Емкость p-n перехода.
49. Контакт металл-проводник.
50. Гетеропереход.
51. Контакт металл-диэлектрик.

52. Токи надбарьерной инжекции.
53. Токи, обусловленные туннельным прохождением электронов через тонкие диэлектрические пленки.
54. Токи ограниченные пространственным зарядом.
55. Прохождение горячих электронов через тонкие металлические пленки.
56. Полевые транзисторы.
57. Физические факторы, определяющие подвижность и коэффициент диффузии от температуры и концентрации примесей.
58. Оптические свойства полупроводников.
59. Фотоэлектрические свойства полупроводников.
60. Энергетические диаграммы полупроводников.
61. Диффузное движение свободных носителей заряда.
62. Электрические переходы.
63. Инжекция свободных зарядов.

Задачи к экзамену

1. Определить концентрацию электронов в дырочном полупроводнике при 300 К, если концентрация акцепторов $N_a=10^{20} \text{ 1/m}^3$, $n_i=2\cdot10^{16} \text{ 1/m}^3$.
2. Определить дрейфовую скорость электронов и дырок в германии при 300К, если напряженность внешнего электрического поля $E=10 \text{ В/см}$, а подвижность электронов и дырок $\mu_n=0,4 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, $\mu_p=0,2 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.
3. Определить удельную проводимость кремния при 300 К, если концентрация доноров 10^{20} 1/m^3 , а подвижность электронов $\mu_n=0,14 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.
4. Вычислите концентрацию дырок в электронном полупроводнике при 300 К, концентрации доноров 10^{19} 1/m^3 , $n_i=2\cdot10^{16} \text{ 1/m}^3$.
5. Определить удельное сопротивление кремния n-типа при 300 К, если концентрация доноров 10^{20} 1/m^3 , а подвижность электронов $0,14 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.
6. Определить длину диффузионного смещения электронов при 300 К в кристалле германия n-типа, если $\mu_n=0,4 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, а $\tau_n=100\text{мкс}$.
7. Определите ток в кристалле кубического кремния со стороной 1 мм, если его удельное сопротивление 5 Ом·см. и образец помещен в схему с падением напряжения 2В.
8. Вычислите концентрацию неосновных носителей заряда в электронном полупроводнике, если на $2\cdot10^6$ атомов германия приходится 1 атом примеси, концентрация германия $4,4\cdot10^{28} \text{ 1/m}^3$, $n_i=2,5\cdot10^{19} \text{ 1/m}^3$.
9. Определить коэффициент диффузии электрона при 300К если $\mu_n=0,4 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.

Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации

Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации обучающихся сформирован в системе MOODLE и находится в свободном доступе на странице курса «Физические основы микро- и наноэлектроники» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=182>.

Регламент проведения промежуточной аттестации в форме тестирования в MOODLE

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Время на тестирование, мин.
120	10	150

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).
2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.3).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания	
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»		
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов						
ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых и цифровых схем, а также использует стандартные программные средства их компьютерного моделирования						
Знать: Физические и математические законы, используемые в методической и нормативной базе в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств. Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Тестирование Промежуточная аттестация	
Уметь: Пользоваться физическими и математическими законами, используемые в микро- и наноэлектронике. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы.	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение практических работ Промежуточная аттестация	
Владеть: Навыками выполнения технических расчетов в том числе с применением средств вычислительной техники.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение лабораторных работ	

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1 Ямпурин, Н.П. Электроника: Учебное пособие / Н.П. Ямпурин, Баранова, А.В., Обухов, В. И. – М.: «Академия», 2011. –240с.

6.1.2 Драгунов, В.П. Основы наноэлектроники: Учебное пособие /В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный – М.: Логос, 2006. –496с.

6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы: Учебное пособие /И. Е. Иродов – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010.–256с.

6.2.2 Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы: Учебное пособие /И. Е. Иродов – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. – 256с.

6.2.3 Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы: Учебное пособие /И. Е. Иродов – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2002. —272с.

6.2.4 Щука, А.А. Наноэлектроника: Учебное пособие /А.А. Щука, И.Г. Неизвестный; под общ. ред. акад. Ю.В. Гуляева – М.: Физматкнига, 2007. – 464с.

6.2.5 Филачёв, А.М. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы /А.М. Филачёв, И.И. Таубкин, М.А. Тришенков – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Физматкнига, 2007. – 384с. –5 шт.

6.2.6 Степаненко, И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. /И.П. Степаненко – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. –488с.

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 А.В. Баранова Физические основы микро- и наноэлектроники МУ к РГР расчет параметров р-п перехода. Н.Новгород, НГТУ 2013. - 30с.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
318Б - Лаборатория "Основы электроники. Физические основы микро-nanoэлектроники" г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Миниатюрные электронные лаборатории "МЭЛ-2" (2 шт.); Универсальный сушильный шкаф (1 шт.); Осциллограф GOS-620 АКИП-1137-30-10 (1 шт.); Генератор SFG-71003 (1 шт.); Мультиметр APPA - 207 (4 шт.);; Осциллограф GDS-71022 (1 шт.); Генератор Г3-109 (1 шт.); Источник питания АКИП-1137-30-10(1шт.); Генератор (1 шт.); Шкаф книжный Стол на мет. основе (8 шт.); Стул на мет. основе (15 шт.); Посадочных мест – 14.
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам

проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины, выработка собственной позиции по актуальным вопросам (проблемам);
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

Приводятся конкретные методические указания для обучающихся по подготовке доклада, выполнению реферата или эссе, требования к их оформлению, порядок сдачи.

10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве

выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20____/20____ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
Глебов В.В.
«____» 20____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1)
- 2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____.
Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____.
Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)