

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

Образовательно-научный институт электроэнергетики

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Дарьенков А.Б.

подпись

ФИО

“ 25 ” _____ 02 _____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.2 Нанoeлектроника

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

)
Направление подготовки : 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность: Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Форма обучения: заочная

Год начала подготовки 2025

Выпускающая кафедра ТОЭ

Кафедра-разработчик ТОЭ

Объем дисциплины 144/4
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Ульянов Д.А.

Нижний Новгород 2025г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.04. Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 года № 927 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ
протокол от __17.12.2024__ №_6__

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры ТОЭ протокол от __10.02.2025_ № __1__

Зав. кафедрой к.т.н, доцент, Кралин А.А. _____

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИНЭЛ, Протокол от__19.02.2025__ №__1__

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.03.04-п-24
Начальник МО _____ Е.Г. Севрюкова

1. Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
1.1. Цель освоения дисциплины:	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.	12
5.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	12
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	15
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА	15
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА.	15
6.3. ПЕРЕЧЕНЬ ЖУРНАЛОВ ПО ПРОФИЛЮ ДИСЦИПЛИНЫ:.....	15
6.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	15
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	16
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	17
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	17
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	20
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	20
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
11.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА В ХОДЕ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ.....	21
11.1.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена.....	21

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний о физических эффектах в наноструктурах, изучение технологий их изготовления и дальнейшее применение.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- изучение физических свойства систем с пониженной размерностью;
- освоение методов исследования физических свойств наноструктур;
- познание методов расчета нанoeлектронных приборов и теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Нанoeлектроника» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП Б1.В.ОД.2. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах в объеме программы бакалавриата. Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Нанoeлектроника» являются: Математика, Физика, Теоретические основы электротехники, Метрология и технические измерения, Материалы электронной техники; Основы проектирования электронной компонентной базы; Твердотельная электроника, Элементы схемотехники; Элементы устройств автоматического управления.

Дисциплина «Нанoeлектроника» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Электронные цепи и микросхемотехника; Основы преобразовательной техники, Вторичные источники электропитания, Основы проектирования электронных приборов, Анализ и синтез устройств, Квантовая и оптическая электроника; Оптимизация параметров электронных устройств.

Рабочая программа дисциплины «Нанoeлектроника» 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)

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	курсы формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра				
Код компетенции УК-1	1	2	3	4	5
Философия		X			
Нанoeлектроника				X	
Элементы схемотехники				X	
Твердотельная электроника				X	
Электронные цепи и микросхемотехника					X
Основы микропроцессорной техники				X	
Вторичные источники питания					X
Основы преобразовательной техники				X	
Анализ и синтез устройств электронной техники					X
Патентоведение				X	
Функциональные узлы систем управления промышленных источников питания				X	
Дискретная математика		X			
Ознакомительная практика	X				
Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности		X			
Преддипломная практика					X
Выполнение и защита ВКР					X
Код компетенции ПКС-4	1	2	3	4	5
Нанoeлектроника				X	
Основы проектирования электронных приборов					X
Элементы устройств автоматического управления			X		
Оптимизация параметров электронных устройств					X
Математические основы обработки сигналов					X
Математическое моделирование систем				X	
Компьютерное моделирование электронных устройств				X	
Магнитные элементы электронных устройств			X		

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	курсы формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению под- готовки бакалавра				
<i>Практика по получению профессиональ- ных умений и опыта профессиональной деятельности</i>		X			
<i>Преддипломная практика</i>					X
<i>Выполнение и защита ВКР</i>					X

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяет ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи.	Знать: - физические свойства систем с пониженной размерностью, метод огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах	Уметь: - выполнять квантование зонного электронного спектра, анализировать сверхрешетки и брэгговские осцилляции.	Владеть: - методами исследования физических свойств наноструктур	Письменный опрос. Тестирование в системе E-learning.	Вопросы для устного собеседования.
ПКС-4 Способен проводить отработку и отладку схемотехнических и конструкторских проектов электронных средств и электронных систем БКУ	ИПКС-4.1 Производит отработку и отладку полупроводниковых приборов	Знать: - квантовый целочисленный и дробный эффекты Холла, магнитные сверхрешетки и гигантское магнетосопротивление	Уметь: - разбираться в магнитном и электростатическом эффектах Боме-Ааронова, в лазерах на квантовых ямах и точках.	Владеть: - методами расчета нанoeлектронных приборов и теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники	Письменный опрос. Тестирование в системе E-learning.	Вопросы для устного собеседования.

Трудовая функция: В/02.6 «Проектирование электронных средств и электронных систем БКУ и осуществление контроля над их изготовлением»

Квалификационные требования к ТФ:

Трудовые действия:

- Обеспечение входного контроля электронных средств и электронных систем БКУ

Трудовые умения:

- Выявлять причины неисправностей и отказов в работе оборудования

Трудовые знания:

- Метрология, стандартизация, каталогизация и сертификация применительно к задачам проектирования электронных средств и электронных систем БКУ

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часа, распределение часов по видам работ курсам представлено в таблице 2.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по курсам

Для студентов заочного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по курсам
		№ 4
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	15	15
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	9	9
занятия лекционного типа (Л)	4	4
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. Занятия и др)	5	5
лабораторные работы (ЛР)		
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
2. Самостоятельная работа (СРС)	120	120
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.)	120	120
Подготовка к экзамену (контроль)	9	9

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
4 курс									
УК-1 ИУК-1.1 ПКС-4 ИПКС-4.1	Раздел 1. Элементы квантовой физики								
	Тема 1.1. Введение. Связь электроники и квантовой физики. Квантовая модель атома	0,25			10	подготовка лекциям [6.1.1.]	к	Публичная презентация проекта.	
	Тема 1.2. Понятие о потенциальных ямах и барьерах Туннельный эффект.	0,25			10	подготовка лекциям [6.1.1.]	к	Публичная презентация проекта.	
	Тема 1.3. Системы пониженной размерности. Квантование зонного электронного спектра.	0,5				подготовка лекциям [6.1.1.]	к	Публичная презентация проекта.	
	Практическое занятие №1 (Контакт металл–полупроводник. Физические явления в электронно-дырочном переходе. Уровень Ферми)			0,5		подготовка практическим занятиям	к		
	Практическое занятие №2 (Условия наблюдения квантовых размерных эффектов)			0,5		подготовка практическим занятиям	к		
	Практическое занятие №3 (Особенности фононного спектра в системах пониженной размерности)			1		подготовка практическим занятиям	к		
	Практическое занятие №4 (квантование энергетического спектра			1		подготовка практическим	к		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
	носителей заряда в приповерхностном слое полупроводника)					занятиям			
УК-1 ИУК-1.1 ПКС-4 ИПКС-4.1	Раздел 2. Физические основы наноэлектроники								
	Тема 2.1. Резонансное туннелирование и туннельно-резонансные диоды. Гетероструктуры как элементы оптоэлектроники.	0,5			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.		
	Практическое занятие №5 Резонансное туннелирование			0,5		подготовка к практическим занятиям			
	Тема 2.2. Квантоворазмерные эффекты. Простейшие виды низкоразмерных объектов	0,5			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта.		
	Практическое занятие №6 (Низкоразмерные структуры. Проводимость низкоразмерных структур)			0,5		подготовка к практическим занятиям			
	Тема 2.3. Сверхрешетки	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта		
	Тема 2.4. Одноэлектронные устройства	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная презентация проекта		
	Практическое занятие №7 Одноэлектронное туннелирование.			0,5		подготовка к практическим занятиям			
УК-1 ИУК-1.1 ПКС-4	Раздел 3. Технические средства нанотехнологий								
	Тема 3.1. Методы получения наноструктур	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.]	Публичная презентация проекта.		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и ин- диккаторы до- стижения компе- тенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Прак- тической под- готовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудо- емкость в ча- сах)
		Контактная ра- бота			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)				
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия					
ИПКС-4.1						[6.1.2.]			
	Тема 3.2. Нанолитография	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная пре- зентация проекта.		
	Тема 3.3. Зондовые нанотехнологии	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная пре- зентация проекта.		
	Практическое занятие №8 Само- организация			0,5		подготовка к практическим занятиям			
УК-1 ИУК-1.1 ПКС-4 ИПКС-4.1	Раздел 4. Устройства нанoeлектроники								
	Тема 4.1. Приборные применения гетероструктур. Лазеры на кванто- вых ямах и точ-ках.	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная пре- зентация проекта.		
	Тема 4.2. Униполярные лазеры. Квантовые приборы на асиммет- ричной системе квантовых ям. Квантовые компьютеры.	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.] [6.1.2.]	Публичная пре- зентация проекта.		
	Тема 4.3. Углеродные нанотрубки	0,25			10	подготовка к лекциям [6.1.1.]	Публичная пре- зентация проекта.		
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	4	0	5	120				
	ИТОГО по дисциплине	4	0	5	120				

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

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

5.1.1. Тесты для текущего контроля знаний обучающихся сформированы в системе E-learning и находятся в свободном доступе: https://edu.nttu.ru/resource/list/index/subjecttype/subject/subject_id/1405

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания
Таблица 5. При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

5.1.2 При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырех-балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», либо «зачет», «незачет». Тесты для промежуточного контроля сформированы в системе E-learning и находятся в свободном доступе: https://edu.nttu.ru/resource/list/index/subjecttype/subject/subject_id/1405

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Анализирует задачу, выделяет ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи.	Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Отсутствие знаний о физических свойствах систем с пониженной размерностью. Неспособность выполнять квантование зонного электронного спектра, анализировать сверхрешетки и блоховские осцилляции. Непонимание основных методов исследования физических свойств наноструктур.	Фрагментарные, поверхностные знания по расчету параметров магнитных элементов Неполное знание о физических свойствах систем с пониженной размерностью. Испытание затруднения при выполнении квантования зонного электронного спектра. Не достаточное владение методами исследования физических свойств наноструктур.	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Знание о физических свойствах систем с пониженной размерностью. Способность выполнять квантование зонного электронного спектра, анализировать сверхрешетки и блоховские осцилляции. Владение методами исследования физических свойств наноструктур.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины. Отличное знание физических свойствах систем с пониженной размерностью и метода огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах. Способность уверенно выполнять квантование зонного электронного спектра, анализировать сверхрешетки и блоховские осцилляции. В полной мере владение методами исследования физических свойств наноструктур.

<p>ПКС-4 Способен проводить отработку и отладку схемотехнических и конструкторских проектов электронных средств и электронных систем БКУ</p>	<p>ИПКС-4.1 Производит отработку и отладку полупроводниковых приборов</p>	<p>Изложение учебного материала бессистемное, неполное. Непонимание принципов квантового целочисленного и дробного эффекта Холла. Неспособность разбираться в магнитном и электростатическом эффектах Боме-Ааронова, в лазерах на квантовых ямах и точках. Непонимание основных методов расчета нанoeлектронных приборов и теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники</p>	<p>Фрагментарные, поверхностные знания по расчету параметров магнитных элементов Неполное понимание принципов квантового целочисленного и дробного эффекта Холла. Не достаточное владение методами расчета нанoeлектронных приборов и теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники</p>	<p>Знает материал на достаточно хорошем уровне. Знание квантового целочисленного и дробного эффектов Холла, магнитных сверхрешеток и гигантских магнетосопротивлений. Способность разбираться в магнитном и электростатическом эффектах Боме-Ааронова, в лазерах на квантовых ямах и точках. Владение методами расчета нанoeлектронных приборов и теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники</p>	<p>Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; Отличное знание квантового целочисленного и дробного эффектов Холла, магнитных сверхрешеток и гигантских магнетосопротивлений. Способность уверенно разбираться в магнитном и электростатическом эффектах Боме-Ааронова, в лазерах на квантовых ямах и точках. В полной мере владение методами расчета нанoeлектронных приборов и теоретического анализа физических процессов нанoeлектроники.</p>
--	---	--	---	---	---

Таблица 7. Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература

6.1.1 Лозовский В.Н. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. СПб. : Лань, 2019. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-3986-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113943>

6.1.2 Воротынцев В.М. Базовые технологии микро- и нанoeлектроники Н.Новгород : Изд-во НГТУ, 2006.. — 360 с.

6.2. Справочно-библиографическая литература.

— учебники и учебные пособия

6.2.1. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника: теория и практика: учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е. А. Уткина — М. : Лаб.знаний, 2020. — 369 с. — ISBN 978-5-00101-732-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151562>

6.2.2. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2020. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-4986-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130188>

6.3. Перечень журналов по профилю дисциплины:

6.3.1. Научно-технический и научно-производственный журнал [Электромеханика](#)

6.3.2. Научно-технический журнал [Электричество](#)

6.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Нанoeлектроника» в электронном варианте находятся в системе E-learning 4G по адресу: https://edu.nntu.ru/resource/index/index/subject_id/1405/resource_id/35984

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Таблица 8. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	TNT-ebook	https://www.tnt-ebook.ru/

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	2
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	SMath Studio
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	P7-Офис
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)	

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 10 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техксперт»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 11 - 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
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

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

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения

В таблице 12 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети

«Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

Таблица 12 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Ауд. 1244 Аудитория для лекционного цикла и практических занятий	1. Доска маркерно-меловая - 1 шт. 2. Мультимедийный проектор ACER X138 - 1 шт. 3. Персональный компьютер с выходом на ACER X138(Intel Core3-3240/4 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 670/HDD 500) с подключением к интернету - 1 шт. 4. Персональные компьютеры (Intel Core3-3240/4 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 670/HDD 500) с подключением к интернету - 3 шт. 5. Рабочее место студента - 14.	1. Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)3. Распространяемое по свободной лицензии Open Office
2	Ауд. 1245 Аудитория для лекционного цикла и практических занятий	1. Доска маркерно-меловая - 1 шт. 2. Доска меловая - 1 шт. 3. Мультимедийный проектор ACER X138 - 1 шт. 4. Персональный компьютер (Intel Core3-3240/4 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 670/HDD 500) с выходом на ACER X138 с подключением к интернету - 6 шт. 5. Персональные компьютеры (Intel Core3-3240/4 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 670/HDD 500) с подключением к интернету - 6 шт. 6. Лабораторный стенд "Схемотехника" - 2 шт. 7. Лабораторный стенд "Преобразовательная техника" - 2 шт. 8. Рабочее место студента - 18.	1. Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)3. Распространяемое по свободной лицензии Open Office
3	Ауд. 8110 Класс для самостоятельной работы	Проектор Accer – 1шт; ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19" – 8 шт.. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14); • Microsoft Office (лицензия № 43178972); • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободно распространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); • Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Ауд. 1244 Аудитория для лекционного цикла и практических занятий	1. Доска маркерно-меловая - 1 шт. 2. Мультимедийный проектор ACER X138 - 1 шт. 3. Персональный компьютер с выходом на ACER X138(Intel Core3-3240/4 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 670/HDD 500) с подключением к интернету - 1 шт. 4. Персональные компьютеры (Intel Core3-3240/4 Gb RAM/NVIDIA GeForce GT 670/HDD 500) с подключением к интернету - 3 шт. 5. Рабочее место студента - 14.	1. Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № 0509/KMP от 15.10.18); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024) 3. Распространяемое по свободной лицензии Open Office
		университета	

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания в среде E-learning 4G;

При преподавании дисциплины «Наноэлектроника», 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 сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса и что дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций, в виде слайдов находятся в свободном доступе в системе E-learning 4G и могут быть получены до чтения лекций и проработаны студентами в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология 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 лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

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 (Таблица 4.) . Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. 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.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка

материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение практических работ;
- типовые вопросы для письменного опроса;
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса;
- экзамен.

11.1.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена

Вопросы к промежуточной аттестации (экзамен)

Раздел " Физические основы наноэлектроники"

вопросы для самоконтроля

1. Что такое квантоворазмерный эффект?
2. Опишите простейшие виды квантоворазмерных эффектов.
3. Каковы особенности энергетического спектра 3D , 2D , 1D и 0D-электронного газа?
4. В чем причина квантования энергии 2D-электронного газа в магнитном поле?
5. Какой режим переноса электронов электрическим полем в кристаллической решетке называется баллистическим?
6. Как при каких условиях возникает квантование сопротивления в металлах и полупроводниках?
7. Что такое резонансное туннелирование?
8. Что такое полупроводниковая сверхрешетка? Какие виды сверхрешеток вы знаете?
9. Какие применения сверхрешеток гетероструктур на квантовых ямах вы знаете?
10. Что такое кулоновская блокада? Опишите кулоновскую блокаду с двумя туннельными переходами.
11. Что такое спинтроника? Как поднимает гигантское магнитосопротивление?
12. В чем состоит эффект туннельного магнитосопротивления?
13. Рассмотрите примеры применения спинтроники.
14. Что такое макромолекулярная электроника?
15. Что такое молекулярная электроника? Назовите примеры ее использования.

Раздел "Элементы квантовой физики"

16. В чем состоит гипотеза Планка? Приведите и поясните формулу Планка для кванта излучения.
17. В чем состоит двойственность природы света? Приведите и поясните формулу, связывающую импульс и длину световой волны.
18. В чем состоит гипотеза де Бройля? Приведите и поясните формулу де Бройля.

19. Какую роль играет уравнение Шрёдингера? В чем смысл функции, относительно которой записывается уравнение Шрёдингера?
20. Приведите и поясните соотношение неопределенностей Гейзенберга.
21. Что отражают пространственная и энергетическая модели атома?
22. Опишите основы теории Бора.
23. Опишите и поясните энергетическую модель атома водорода.
24. Какое излучение атома называется спонтанным, а какое вынужденным?
25. В чем состоит энергетический подход при решении задач о движении частиц?
26. Что такое потенциальная яма, потенциальный барьер?
27. В чем состоит туннельный эффект?
28. Чем отличается энергетический спектр частицы, подчиняющейся квантовой механике, от спектра классической частицы, находящейся в потенциальной яме?
29. Каковы особенности зависимости потенциальной энергии валентного электрона в кристалле?
30. В чем состоят особенности энергетического спектра кристалла?
31. Как связан зонный энергетический спектр кристалла с дискретным спектром атомов, из которых состоит кристалл?
32. Какие кристаллы относятся к проводникам? Полупроводникам? Диэлектрикам?
33. Что такое уровень Ферми?
34. Какими видами электропроводности может обладать полупроводник? Дайте определение каждому виду электропроводности.
35. Запишите и поясните закон Ома в дифференциальной форме.

Раздел "Технические средства нанотехнологий"

36. Охарактеризуйте два основных принципиально различных подхода к изготовлению наноструктур.
37. Опишите основы, достоинства и недостатки молекулярно-лучевой эпитаксии.
38. Опишите процесс формирования квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии.
39. Опишите методику получения квантовых точек и проволок, основанную на использовании эпитаксии и нанолитографии.
40. Охарактеризуйте сферу практического применения массивов квантовых точек в приборных структурах.
41. В каких приборных структурах находят применение одиночные квантовые точки?
42. Какими факторами ограничивается разрешающая способность оптической литографии?
43. Опишите направление и этапы развития современной оптической фотолитографии.
44. В чем особенности, достоинства и недостатки электроннолучевой литографии и нанолитографии?
45. В чем особенности, достоинства и недостатки рентгенолитографии?
46. В чем особенности, достоинства и недостатки импринтлитографии?
47. В чем особенности, достоинства и недостатки перьевой нанолитографии?
48. В чем особенности, достоинства и недостатки методов нанолитографии, основанных на использовании сканирующего туннельного микроскопа и атомно-силового микроскопа?
49. Опишите принципы работы, назначение и области применения сканирующего туннельного микроскопа.
50. Опишите принципы работы, назначение и области применения атомно-силового микроскопа.
51. Каковы физические основы использования сканирующего туннельного микроскопа в нанотехнологии?
52. Каковы физические основы использования атомно-силового микроскопа в нанотехнологии?

53. Опишите и поясните требования к зондам, используемым в зондовых микроскопах. Как эти зонды делаются?
54. Опишите методы получения нанотрубок.
55. Как делаются электрические контакты к отдельным молекулам?
56. Что такое линейная мера, для чего она используется в электронной и зондовой микроскопии?

Раздел " Устройства нанoeлектроники "

57. Опишите механизм работы лазеров на двойной гетероструктуре.
58. Лазеры на квантовых ямах и точках.
59. Квантовые приборы на асимметричной системе квантовых ям. Квантовые компьютеры.
60. Механические и электрические свойства углеродных нанотрубок?
61. Опишите перспективы применения нанотрубок в электронике.
62. Что такое углеродные фуллерены и нанотрубки?
63. Какие виды нанотрубок вы знаете?
64. Как работает резонансный туннельный диод?
65. Опишите работу одноэлектронного транзистора.

.....

Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Время на тестирование, мин.
не менее 60 или указывают конкретное количество тестовых заданий	10	20

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО E-Learning 4G