

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

---

Образовательно-научный институт ядерной энергетики  
и технической физики им. академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института:

\_\_\_\_\_ Легчанов М.А.

“22” июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.8 Квантовые технологии в нанoeлектронике**  
для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Квантовые технологии в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 72 часа / 2 з.е.

Промежуточная аттестация: зачёт

Разработчик: Раевский А.С., д.ф.-м.н., профессор

Нижний Новгород

2022

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.04.02. Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 22 сентября 2017 г. № 958 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 20 января 2022 г. № 9.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 09 июня 2022 г. № 32.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н, профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 22.06.2023 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.02-К-17.

Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.И. Кабанина

## Оглавление

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины .....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>13</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>15</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	15
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	15
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	15
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>16</b>
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	16
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем .....	16
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>17</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>17</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	18
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....	19
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....	19
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	20
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	21
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	21
11.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....	22

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются** формирование необходимых компетенций, позволяющих собирать и анализировать состояние научно-технической проблемы (в частности, в области построения нанoeлектронных устройств), составлять по результатам сбора и анализа отчеты и обзоры.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- ознакомление с принципами действия устройств квантовой нанoeлектроники;
- ознакомление с методами изготовления некоторых устройств квантовой нанoeлектроники;
- освоение принципов сбора и анализа информации о текущем состоянии научно-технической проблемы;
- приобретение навыков составления обзоров и отчетов о проведенном исследовании.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Квантовые технологии в нанoeлектронике» включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на дисциплине «Спецразделы квантовой физики».

Дисциплина «Квантовые технологии в нанoeлектронике» является основополагающей для прохождения преддипломной практики и выполнения ВКР.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

3.1. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов профессиональной компетенции, определяемой образовательной организацией самостоятельно, в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ПКС-4 Способен к составлению обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, подготовке научных публикаций и заявок на изобретения, разработке рекомендаций по практическому использованию полученных результатов.

ПКС-5 Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.

Формирование указанной компетенции размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенции дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенции дисциплинами			
	1	2	3	4
<b>ПКС-4</b>				
Спецразделы квантовой физики				
Терагерцовая фотоника				
<b>Квантовые технологии в наноэлектронике</b>				
<b>ПКС-5</b>				
Спецразделы квантовой физики				
Проблемы современной беспроводной связи. Часть 2				
Терагерцовая фотоника				
<b>Квантовые технологии в наноэлектронике</b>				
Квантовая криптография				

### 3.2. 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
ПКС-4 Способен к составлению обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, подготовке научных публикаций и заявок на изобретения, разработке рекомендаций по практическому использованию полученных результатов	ИПКС-4.1 Анализирует результаты проводимых исследований.		<b>Уметь:</b> - производить анализ результатов проводимых научных исследований, используя знание математического аппарата и физических основ квантовой механики		Контрольные работы, доклады.	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-4.2 Составляет обзоры и отчеты по результатам проводимых исследований; подготавливает научные публикации.	<b>Знать:</b> - математический аппарат, применяемый в квантовой наноэлектронике, необходимый для понимания результатов исследований, изложенных в научных статьях и монографиях для составления обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, а также для подготовки научных публикаций		<b>Владеть:</b> - научной терминологией, используемой в квантовой наноэлектронике, для использования при составлении обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, а также при подготовке научных публикаций		

	ИПКС-4.3 Составляет рекомендации по использованию полученных результатов.	<b>Знать:</b> - физические основы процессов, происходящих в квантовых наноразмерных системах, для составления рекомендаций по использованию полученных научных результатов				
ПКС-5 Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	ИПКС-5.1. Осуществляет патентный поиск и сбор научно-исследовательской информации.			<b>Владеть:</b> - научной терминологией, используемой в квантовой наноэлектронике, для использования при осуществлении патентного поиска и сбора научно-исследовательской информации	Контрольные работы, доклады.	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-5.2. Осуществляет анализ и систематизацию научно-исследовательской информации.		<b>Уметь:</b> - осуществлять анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, используя знание математического аппарата и физических основ квантовой наноэлектроники			
	ИПКС-5.3 Составляет обзоры по результатам поиска, изучения и анализа литературных источников (в том числе иностранных).	<b>Знать:</b> - математический аппарат, применяемый в квантовой наноэлектронике, необходимый для составления обзоров по результатам поиска, изучения и анализа литературных источников				

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. 72 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		3 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	<b>очная</b>	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>38</b>	<b>38</b>
<b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	-	-
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
курсовая работа (КР) (подготовка)	-	-
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	34	34
Подготовка к экзамену (контроль)	-	-



## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
2 СЕМЕСТР								
ПКС-4 ИПКС-4.1 ИПС-4.2 ИПКС-4.3 ПКС-5 ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3	Раздел 1 Наноструктуры							
	Тема 1.1. Одноэлектронные наноструктуры.	3,0		3,0		Подготовка к лекциям и практическим занятиям [6.1.1] - [6.1.3]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. Дискуссия; «мозговой штурм».	
	Тема 1.2. Одноатомные наноструктуры	2,0		2,0				
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела				10,0			
	Итого по 1 разделу	5,00	0,00	5,00	10,00			
ПКС-4 ИПКС-4.1 ИПС-4.2 ИПКС-4.3 ПКС-5	Раздел 2. Полевые транзисторы							
	Тема 2.1. Методы изготовления полевого транзистора.	2,0		2,0		Подготовка к лекциям и практическим заня-	Презентации с использованием различных вспомогательных	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
2 СЕМЕСТР								
ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3	Тема 2.2. Характеристики полевого транзистора.	2,0		2,0		тиям [6.1.1] - [6.1.3]	средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. Дискуссия; «мозговой штурм».	
	Тема 2.3. Устройства на основе полевых транзисторов.	2,0		2,0				
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела				12,0			
	Итого по 2 разделу	6,0	0,0	6,0	12,0			
ПКС-4 ИПКС-4.1 ИПС-4.2 ИПКС-4.3 ПКС-5	Раздел 3. НЭМС – наноэлектромеханические системы.							
	Тема 3.1. Направления создания НЭМС.	2,0		2,0		Подготовка к лекциям и практическим заня-	Презентации с использованием различных вспомогательных	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
2 СЕМЕСТР								
ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3	Тема 3.2. Резонаторы и фильтры.	2,0		2,0		тиям [6.1.1] - [6.1.3]	средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п. Дискуссия; «мозговой штурм».	
	Тема 3.3. Сенсоры.	2,0		2,0				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела				12,0			
	Итого по 3 разделу	6,00	0,0	6,00	12,00			
	ИТОГО ЗА 2 СЕМЕСТР	17,00	0,00	17,00	34,00			
	ИТОГО по дисциплине	17,00	0,00	17,00	34,00			

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы и темы докладов.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачёта во 2 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Шкала оценивания лабораторных и контрольных работ	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточной аттестации успеваемость студентов оценивается как «зачет» / «незачет».

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 «незачет»	Оценка «зачет»
ПКС-4 Способен к составлению обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, подготовке научных публикаций и заявок на изобретения, разработке рекомендаций по практическому использованию полученных результатов	ИПКС-4.1 Анализирует результаты проводимых исследований.	Не знает физические основы процессов, происходящих в квантовых наноразмерных системах, для составления рекомендаций по использованию полученных научных результатов Не умеет производить анализ результатов проводимых научных исследований, используя знание математического аппарата и физических основ квантовой механики.	Знает физические основы процессов, происходящих в квантовых наноразмерных системах, для составления рекомендаций по использованию полученных научных результатов Умеет производить анализ результатов проводимых научных исследований, используя знание математического аппарата и физических основ квантовой механики.
	ИПКС-4.2 Составляет обзоры и отчеты по результатам проводимых исследований; подготавливает научные публикации.	Не знает математический аппарат, применяемый в квантовой нанoeлектронике, необходимый для понимания результатов исследований, изложенных в научных статьях и монографиях для составления обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, а также для подготовки научных публикаций. Не владеет научной терминологией, используемой в квантовой нанoeлектронике, для использования при составлении обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, а также при подготовке научных публикаций.	Знает математический аппарат, применяемый в квантовой нанoeлектронике, необходимый для понимания результатов исследований, изложенных в научных статьях и монографиях для составления обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, а также для подготовки научных публикаций. Владеет научной терминологией, используемой в квантовой нанoeлектронике, для использования при составлении обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований, а также при подготовке научных публикаций.
	ИПКС-4.3 Составляет рекомендации по использованию полученных результатов.	Не знает физические основы процессов, происходящих в квантовых наноразмерных системах, для составления рекомендаций по использованию полученных научных результатов.	Знает физические основы процессов, происходящих в квантовых наноразмерных системах, для составления рекомендаций по использованию полученных научных результатов.
ПКС-5 Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературы	ИПКС-5.1. Осуществляет патентный поиск и сбор научно-исследовательской информации.	Не владеет научной терминологией, используемой в квантовой нанoeлектронике, для использования при осуществлении патентного поиска и сбора научно-исследовательской информации.	Владеет научной терминологией, используемой в квантовой нанoeлектронике, для использования при осуществлении патентного поиска и сбора научно-исследовательской информации
	ИПКС-5.2. Осуществляет анализ и систематизацию научно-исследовательской информации	Не умеет осуществлять анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, используя знание математического аппарата и физических основ квантовой нанoeлектроники	Умеет осуществлять анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, используя знание математического аппарата и физических основ квантовой нанoeлектроники

ратурных и патентных источников	формации.		
	ИПКС-5.3 Составляет обзоры по результатам поиска, изучения и анализа литературных источников (в том числе иноязычных).	Не знает математический аппарат, применяемый в квантовой наноэлектронике, необходимый для составления обзоров по результатам поиска, изучения и анализа литературных источников.	Знает математический аппарат, применяемый в квантовой наноэлектронике, необходимый для составления обзоров по результатам поиска, изучения и анализа литературных источников.

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » 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 « <b>хорошо</b> » 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 « <b>удовлетворительно</b> » 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 « <b>неудовлетворительно</b> » 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, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.1.1. Щука, А. А. Нанoeлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-730-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135510> (дата обращения: 07.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.1.2. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника/ Г. Л.Киселев- СПб.: Лань, 2011

6.1.3. Кирчанов, В. С. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики : учебное пособие / В. С. Кирчанов. — 2-е изд., испр. и доп. — Пермь : ПНИПУ, 2022. — 364 с. — ISBN 978-5-398-02696-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/328871> (дата обращения: 07.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1. Журнал «Техническая физика»

6.2.2. Письма в журнал «Техническая физика»

6.2.3. Журнал «Российские нанотехнологии»

6.2.4. Журнал «Успехи физических наук»

6.2.5. Журнал «Физика твердого тела»

6.2.6. Журнал «Радиотехника и электроника»

### 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Квантовые технологии в нанoeлектронике» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Квантовые технологии в нанoeлектронике».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Квантовые технологии в нанoeлектронике».

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Квантовые технологии в нанoeлектронике».

## **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 ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
3. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. – Загл. с экрана.
4. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
5. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
6. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### **7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>



В таблице 9 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.

Таблица 9 - 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	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к лицам с ограниченными возможностями 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 10 - 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

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Для проведения лекционных демонстраций имеется мультимедийный проектор.

## 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.

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

На лекциях, практических 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, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom. 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 компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта 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 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 освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия представляют собой семинары. Основной формой проведения практических занятий является выступление студентов с докладами по теме практического занятия, а также последующее групповое обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков сбора и анализа научно-исследовательской информации;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

### **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.

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.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая теоретический опрос и выступление с докладами по темам практических занятий.

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: зачёт в 3 семестре.

### **11.1 Примерные темы докладов**

1. Одноэлектронные наноструктуры.
2. Одноатомные наноструктуры
3. Методы изготовления полевого транзистора.
4. Характеристики полевого транзистора.
5. Устройства на основе полевых транзисторов.
6. Направления создания НЭМС.
7. Резонаторы и фильтры на основе НЭМС.
8. Сенсоры на основе НЭМС.

### **11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации**

1. Кулоновская блокада туннелирования.
2. Одноэлектронные эффекты.
3. Одноэлектронный транзистор и его характеристики.
4. Тепловой и квантовый шум.
5. Одноэлектронный бокс и его основные характеристики.
6. Одноэлектронная ловушка и ее основные характеристики.
7. Тепловое и флуктуационное воздействие в системе близкорасположенных одноэлектронных транзисторов.
8. Типы одноэлектронных транзисторов и их особенности.
9. Создание одноэлектронных структур с использованием примесных атомов в твердотельной кристаллической решетке
10. Полевой транзистор и его характеристики.
11. Устройства на основе полевого транзистора.
12. НЭМС-резонатор.
13. Фильтры на основе НЭМС-резонаторов.
14. Сенсоры на основе НЭМС-резонаторов.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИЯЭиТФ

\_\_\_\_\_

“\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
Б1.В.ОД.8 Квантовые технологии в нанoeлектронике**

для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (программа): Квантовые технологии в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 20\_\_ г.

Курс 2

Семестр 3

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. и 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): Раевский А.С.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.