

2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по специальности 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 927 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 17.06.2021 г. № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 31 мая 2021 г. № 25.

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

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИФХТиМ, протокол от 08.06.2021 г. № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.04-н-26.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.И. Кабанина

## Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	2
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>3</b>
1.1. Цель освоения дисциплины .....	3
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	3
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>6</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	6
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	11
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>14</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>16</b>
6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда .....	16
6.2. Справочно-библиографическая литература .....	16
6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	16
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>17</b>
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	17
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем .....	17
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>18</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>18</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>19</b>
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	19
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	20
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	20
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях .....	20
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	21
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ .....	22
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена .....	22
11.3. Типовые задания для текущего контроля .....	23

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целью освоения дисциплины «Квантовая и оптическая электроника»** является формирование у студентов компетенций в области квантовой и оптической электроники. Дать представление о теоретических понятиях, расчетных методах и принципах конструирования современной квантовой и оптической электроники, использования ее в радиоэлектронных системах и комплексах.

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

- ознакомление студентов с основными параметрами и характеристиками квантовых и оптических приборов, изучение методов их расчета;
- ознакомление с теоретическими и экспериментальными основами работы функциональных оптических и квантовых приборов, схем их включения;
- формирование у студентов навыков системного подхода к проектированию на основе САПР современной оптической и квантовой электроники, используемой для построения узлов радиоприемных, усилительных радиопередающих схем и устройств СВЧ и оптического диапазонов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» включена в 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 следующих дисциплинах: «Физика», «Основы проектирования электронной компонентной базы», «Математика».

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» является основополагающей для изучения дисциплины «Основы технологии электронной компонентной базы», а также при выполнении расчетной части дипломного проекта (работы).

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

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОП ВО по направлению 11.03.04 «Квантовая и оптическая электроника»:

**ПКС-1:** Способен решать типовые задачи в технологических процессах производства электронной техники.

Формирование указанной компетенции размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-1</b>								
Метрология, стандартизация и технические измерения								
Органическая химия								
Квантовые основы органической химии								
Физическая химия								
Методы математической физики								
Квантовая и оптическая электроника								
Нанотехнологии в электронике								
Гетероструктуры в нанoeлектро- нике								
Теория поля								
Квантовая механика и статистиче- ская физика								
Специальные вопросы физической химии								
Нанoeлектроника								
Компоненты нанoeлектроники								
Физическая химия материалов и структур нанoeлектроники								

### 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-1. Способен решать типовые задачи в технологических процессах производства электронной техники.	ИПКС-1.1. Способен применять законы и постулаты физики для решения задач в области производства электроники.	<b>Знать:</b> - основные типы оптических квантовых генераторов и усилителей, применяемых в технике оптической связи и на СВЧ, их характеристики; принципы построения оптоэлектронных устройств с применением функциональной электроники.	<b>Уметь:</b> - строить различные пассивные устройства на основе элементов оптоэлектроники; решать типовые задачи в технологических процессах производства электронной техники.	<b>Владеть:</b> - основными направлениями и современными тенденциями в микроминиатюризации оптоэлектронных устройств; способностью обобщать и внедрять в практическую работу российский и зарубежный опыт.	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

#### 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 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. в семестре
		5 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
занятия лекционного типа (Л)	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	3	3
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	3	3
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
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, коллоквиум и т.д.)	51	51
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>36</b>	<b>36</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ПКС и индикато- ры достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использу- емых активных и ин- терактивных образова- тельных технологий	Наименование разработанного Электронного кур- са (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
5 семестр								
ПКС-1 ИПКС-1.1	Раздел 1. Физические основы оптической и квантовой электрони- ки (ОЭ и КЭ)						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2.Разноуровневые каче- ственные, расчетные, гра- фические задания; 3.Физический диктант, блиц-опрос; 4.При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познава- тельную среду.	Электронный кон- спект лекций: «Квантовая и оп- тическая электро- ника» (трудоем- кость 70 ч.)
	Тема 1.1.. Назначение, область применения ОЭ и КЭ. Особенно- сти построения и работы устройств ОЭ и КЭ, их классифи- кация.	1,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 1.2 Виды квантовых пере- ходов, их вероятность, условия излучения и поглощения. Коэф- фициенты Эйнштейна.	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.3.Усиление и генерация света, условия реализации.	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.4. Методы накачки, поро- говая мощность. Условия само- возбуждения ОКГ.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]		
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	6,00			7,00			
ПКС-1 ИПКС-1.1	Раздел 2. Оптоэлектронные и квантовые полупроводниковые приборы.						Диагностический безоце- ночный контроль, лучше	Электронный конспект лекций:



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Тема 2.1. Излучение полупроводников получение состояния инверсной населенности.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]	взаимоконтроль; При изучении нового материала - слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду.	«Квантовая и оптическая электроника» (трудоемкость 70 ч.)
	Тема 2.2. Светодиоды и диодные ОКГ, спектры излучения. Режимы работы, параметры.	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.3. Диодные усилители. Режимы работы, параметры.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.4. Применение в ВОЛС	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Лабораторная работа 1. Изучение элементов ВОЛС		5,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				11,0			
	расчётно-графическая работа (РГР):							
	контрольная работа:							
	Итого по 2 разделу:	6,00	5,00		11,00			
	ПКС-1 ИПКС-1.1	Раздел 3. Квантовые генераторы и усилители СВЧ, оптического, ИК-диапазонов						
Тема 3.1. Квантовые генераторы оптического диапазона. Классификация ОКГ		0,5			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
Тема 3.2. Газовые ОКГ: атомарные, ионные, молекулярные, эксимерные, химические. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма.		3,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
Тема 3.3 Твердотельные ОКГ.		2,0			2,0	Подготовка к лекциям		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Конструкция. Характеристики. Применение в технике.					[6.1.2], [6.1.3], [6.1.4] [6.2.2]		
	<b>Тема 3.4</b> Полупроводниковые ОКГ. Конструкция. Характеристики. Применение в технике	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Тема 3.5</b> Волоконно-оптические усилители, их применение.	1,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	<b>Тема 3.6</b> Молекулярные квантовые генераторы СВЧ и КВЧ, их применение.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	<b>Тема 3.7</b> Квантовые парамагнитные усилители СВЧ (резонансные и бегущей волны), их применение	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	<b>Лабораторная работа 2.</b> Изучение гелий-неонового лазера.		4,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Лабораторная работа 3.</b> Изучение полупроводникового лазера		4,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	<b>Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:</b>				19,5			
	<b>контрольная работа</b>							
	<b>Итого по 3 разделу</b>	<b>10,5</b>	<b>8,00</b>	<b>-</b>	<b>19,50</b>			
ПКС-1 ПКС-1.1	<b>Раздел 4. Оптические методы записи и отображения оптической информации</b>						1. Диагностический безопеночный контроль, лучше	<b>Электронный конспект лекций:</b>

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Тема 4.1 Оптические дефлекторы. Электрооптические дефлекторы Акустооптический дефлектор.	1,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]	взаимоконтроль; 2.Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	«Квантовая и оптическая электроника» (трудоемкость 70 ч.)
	Тема 4.2 Оптические индикаторы, оптически управляемые транспаранты, голографические устройства	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 4.3 Оптические системы записи и воспроизведения.	1,5			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				4,5			
	расчётно-графическая работа (РГР):							
	контрольная работа:							
	Итого по 4 разделу:	4,50			4,50			
	Раздел 5. Модуляция и детектирование оптического излучения ОКГ.						1. Диагностический безопценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2.Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Электронный конспект лекций: «Квантовая и оптическая электроника» (трудоемкость 70 ч.)
	Тема 5.1. Модуляция излучения ОКГ с помощью оптических модуляторов. Эффекты Керра и Поппельса, Фарадея, Коттона- Муттона и их использование для АМ	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 5.2. Детектирование промодулированного излучения ОКГ	1,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Лабораторная работа 4. Изучение амплитудного модулятора на эффекте Поппельса		4,0		1,5	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по				4,5			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	освоению 5 раздела:							
	расчётно-графическая работа (РГР):							
	контрольная работа:							
	Итого по 5 разделу:	3,00	4,00		4,5			
ПКС-1 ПКС-1.1	Раздел 6. Техническое и технологическое применение ОКГ						1. Диагностический безопеночный контроль, лучше взаимоконтроль; 2.Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Электронный конспект лекций: «Квантовая и оптическая электроника» (трудоемкость 70 ч.)
	Тема 6.2. Применение ОКГ для измерения малых и больших расстояний, контроля качества обработки поверхности	1,5			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1], [6.2.3]		
	Тема 6.2. Применение ОКГ для обработки материалов и сварки, изготовления компонентов электронных схем.	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1], [6.2.3]		
	Тема 6.3. Техника безопасности при работе с ОКГ	0,5			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				4,5			
	расчётно-графическая работа: (РГР)							
	контрольная работа:							
	Итого по 6 разделу:	4,00			4,50			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР:	34,0	17,0	-	51,0			

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и примеры заданий для контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета в 5 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 (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

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

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по «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 «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-1. Способен решать типовые задачи в технологических процессах производства электронной техники.	ИПКС-1.1. Способен применять законы и постулаты физики для решения задач в области производства электроники.	Не знает современные тенденции и перспективы развития квантовой и оптической электроники, а также методы и алгоритмы их моделирования. Не умеет осуществлять расчеты характеристик электронных и квантовых приборов, устройств в СВЧ и оптическом диапазонах частот.	Знает современные тенденции и перспективы развития квантовой и оптической электроники. Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний. Умеет осуществлять расчеты характеристик электронных и квантовых приборов и устройств в СВЧ и оптическом диапазонах частот.	Знает современные тенденции и перспективы развития квантовой и оптической электроники. Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний. Знает основные типы оптических квантовых генераторов и усилителей, применяемых в технике оптической связи и на СВЧ, их характеристики; принципы построения оптоэлектронных устройств с применением функциональной электроники.	Знает современные тенденции и перспективы развития квантовой и оптической электроники Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний. Твердо знает основные типы оптических квантовых генераторов и усилителей, применяемых в технике оптической связи и на СВЧ, их характеристики; принципы построения оптоэлектронных устройств с применением функциональной электроники.

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).

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.1.1.	В.И. Дудкин, Л.Н. Пахомов	Квантовая электроника. Приборы и их применение	М.: Техносфера, 2009	Учебник для вузов	15
6.1.2.	А.И. Астайкин, М.К. Смирнов	Основы оптоэлектроники	М.: Высшая школа, 2007	Учебник для вузов	30
6.1.3.	В.А. Малышев	Основы квантовой электроники и лазерной техники	М.: Высшая школа, 2005	Учебное пособие	74
6.1.4.	Э.А. Ермилов, Е.П. Тимофеев.	Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы	Н. Новгород, Нижегородский гос. техн. университет им. Р.Е. Алексеева, 2007.	Учебно-методическое пособие. Комплекс учебно-методических материалов	165

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.2.1.	В.А. Бажилов и др./ под ред. Г.И. Шишкова	Устройства СВЧ и КВЧ в радиоизмерительной технике	Н. Новгород: НГТУ, 2015	Учебное пособие	15
6.2.2.	Д.Н. Федоров, Л.М. Андрушко	Электронные и квантовые приборы СВЧ	М.: Атомиздат, 1981	Учебник для вузов	5
6.2.3.	Л.М. Андрушко, В.М. Бурмистенко	Электронные и квантовые приборы СВЧ	М.: Связь, 1981	Учебник для вузов	5

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

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Квантовая и оптическая электроника». Общие требования и правила оформления отчета

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

6.3.4. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

## 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. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. 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.
7. 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 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.

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 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 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.

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе в оснащённой необходимым оборудованием лаборатории: аудитория 1220. Лаборатория «Квантовая и оптическая электроника» - 4 лабораторных работ:

- 1) комплект устройств для изучения параметров и характеристик полупроводникового лазера;
- 2) комплект устройств для изучения параметров и характеристик усилителя на лампе бегущей волны;
- 3) комплект устройств для изучения параметров и характеристик элементов волоконно-оптической линии связи;
- 4) комплект устройств для изучения принципа действия и характеристик гелий – неоновых лазера;
- 5) комплект устройств для изучения конструкций, принципа действия и характеристик амплитудного модулятора на эффекте Поккельса.

Лаборатория «Квантовая и оптическая электроника (ауд.1220) имеет пять комбинированных лабораторных установок, включающих в себя:

- 1) макеты лабораторных работ;
- 2) генераторы: Г5 -54, ГЗ-53;
- 3) фотоприемник
- 4) источники питания Б5-32;
- 5) модуляторы - усилители;
- 6) осциллограф двухлучевой С1-114;
- 7) усилитель СВЧ УКЗ-20;
- 8) импульсный вольтметр В4-18;
- 9) вольтметр В7-40;
- 10) лазер газовый ЛГ – 70.
- 11) макет ВОЛС (передатчик и приемник).

## 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 «», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, практических и 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, практических занятиях и лекциях. Прово-

дятся 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 бально-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.

## **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 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 практических занятиях**

Практические 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 и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- 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 защита отчетов по лабораторным работам;
- проверка выполнения домашних заданий;
- проведение контрольных работ;
- теоретический блиц-опрос.

#### **11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ**

Контрольные вопросы для лабораторных работ приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ.

## **11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена**

### **11.2.1. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании пятого семестра**

1. Классификация оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств. Их применение.
2. Условия усиления и генерации индуцированных колебаний в квантовых системах.
3. Устройство светодиода и диодного ОКГ. Спектры излучения.
4. Применение светодиодов и диодных ОКГ в ВОЛС, достоинства и недостатки.
5. Квантовые парамагнитные усилители СВЧ (резонансные и бегущей волны), их применение
6. Оптические индикаторы и оптически управляемые транспоранты.
7. Устройства голографической записи и воспроизведения.
8. Квантовые парамагнитные усилители СВЧ (резонансные и бегущей волны), их применение
9. Оптические системы записи и воспроизведения
10. Открытые оптические резонаторы. Типы колебаний резонатора.
11. Электрооптические дефлекторы, их применение
12. Акустооптический дефлектор.
13. Устройство оперативной оптической памяти.
14. Принцип работы и устройство полупроводниковых акустоэлектронных усилителей на ПАВ. Достигнутые параметры.
15. По каким параметрам и какие можно составить классификации типов ОКГ?
16. Способы описания электромагнитного излучения. Квантово-волновой дуализм.
17. Квантовые переходы при взаимодействии с фотонами. Коэффициенты Эйнштейна.
18. Инверсия населенностей. Условия усиления в среде. Закон Бугера-Ломберта.
19. Принцип работы оптических квантовых усилителей и генераторов. Структурные схемы.
20. Особенности газовых ОКГ, роль вспомогательного газа для создания состояния инверсной населенности.
21. Особенности He-Ne ОКГ; селекция линии излучения на длине волны 0,63 мкм с помощью многослойных зеркал.
22. Варианты реализации газовых ОКГ на CO<sub>2</sub>: с продольным и поперечным газовым разрядом и прокачкой рабочей смеси; герметичный вариант газоразрядной трубки.
23. Твердотельные ОКГ, особенности конструкции и оптической накачки.
24. Рубиновый и ниодимовые ОКГ, особенности, достигнутые параметры.
25. Импульсный режим работы лазера. Режим модулированной добротности. «Гигантские импульсы».
26. Жидкостные ОКГ на органических красителях, особенности энергетической диаграммы.
27. Полупроводниковые ОКГ: способы получения инверсной населенности в гомо- и гетеро-«р»-«п»-переходах, объяснить с использованием понятия уровней Ферми.
28. Модуляция и детектирование оптического излучения
29. Охарактеризовать «внутренние» и «внешние» методы модуляции излучения ОКГ.
30. Механические и электрооптические затворы (ячейки Керра и Поккельса).
31. Различные эффекты воздействия на параметры излучения ОКГ: эффекты Керра, Поккельса, Фарадея, Коттона-Мутон
32. Применение эффектов Керра и Поккельса для построения АМ-модулятора излучения ОКГ.
33. Детектирование световых излучений с выделением модулирующего сигнала диапазона СВЧ (фотоклистрон, фото-ЛБВ).

34. Применение излучений ОКГ. Методы измерения расстояний с помощью ОКГ
35. Измерение размеров изделий с применением ОКГ.
36. Исследование качества обработки поверхности с помощью ОКГ.
37. Технологическое применение ОКГ (сварка, термообработка и др.).
38. Применение ОКГ при изготовлении электронных схем (пробивка отверстий, резка, маркировка и др.).

### **11.3. Типовые задания для текущего контроля**

#### **11.3.1 Типовые задания для контрольных работ**

##### **Задание 1.**

Вычислить максимальное число молекул, необходимых для резонатора молекулярного генератора в секунду, если мощность генератора на пучке молекул аммиака составляет 1 мкВт?

##### **Задание 1.**

Рассчитать частоту резонансного поглощения при парамагнетическом резонансе, если величина постоянного магнитного поля составляет 1000 эрстед; магнитная проницаемость  $\mu_0=1$ .

##### **Задание 1.**

Рассчитать частоты биений между модами для лазера с длинами оптического резонатора  $L_1=100$  см и  $L_2=50$  см. Сравнить излучаемые спектры (дать поясняющие рисунки); ширину спектра излучения лазера считать равной ширине спектра рабочего вещества  $2\Delta f=600$  МГц, длина волны лазера  $\lambda=6328$  Å.

#### **11.3.2 Типовые задания для текущего блиц-опроса**

##### **Задание 1.**

Особенности газовых ОКГ, роль вспомогательного газа для создания состояния инверсной населенности?

##### **Задание 2.**

По каким параметрам и какие можно составить классификации типов ОКГ?

##### **Задание 3.**

Особенности He-Ne ОКГ; селекция линии излучения на длине волны 0,63 мкм, с помощью многослойных зеркал.

##### **Задание 4.**

Охарактеризовать внутренние и внешние методы модуляции излучения ОКГ.

##### **Задание 5.**

Согласно закона Бугера-Ломберта, изобразить изменение интенсивности волны при прохождении через среду в случаях: 1. Поглощения; 2. Усиления; 3. Просветления.

**Задание 6.**

Изобразить и пояснить энергетическую диаграмму гелия и неона (газовый лазер).

**Задание 7.**

Пояснить механизм (изобразить графически) получения «Гиганских импульсов» с использованием электрооптического затвора.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИФХТиМ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

« \_\_\_\_\_ »

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} \_\_\_\_\_

Направленность: \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Семестр \_\_\_\_\_

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

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

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): \_\_\_\_\_  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС  
\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.