

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:
Директор института:

_____ М.А. Легчанов

“20” июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.1.2. Фотоника

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 144/4
часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет

Разработчик: Щербаков В.В., к.т.н., доцент

Нижний Новгород

2023

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 06.04.2023 г. № 16.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 01 июня 2023 г. № 35.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. _____
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 20.06.2023 г. № 5.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-О-47.

Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
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	4
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	18
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	22
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	22
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	23
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	25
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «Интернет», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	25
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	26
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	26
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	27
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	28
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	28
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	29
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	29
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ	29
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	29
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	30
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	30
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА	30
11.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	33

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являются формирование у студентов общих представлений о принципах действия основных приборов и устройств, применяемых в волоконно-оптических линиях связи, базирующихся на основных положениях квантовой физики.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- Ознакомление с инжекционной люминесценции в полупроводниках. Изучение характеристик светоизлучающих диодов;
- Ознакомление студентов с теоретическими основами работы оптических квантовых усилителей и генераторов;
- Изучение газовых и полупроводниковых лазеров, их конструкций и основных характеристик;
- Изучение основных физических процессов в фотодиодах и фоторезисторах, определяющих их параметры и характеристики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Фотоника» включена в перечень вариативной части дисциплин (формируемой участниками образовательных отношений) по выбору (запросу студентов), направленный на углубление уровня освоения компетенций. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Кристаллография», «Уравнения математической физики», «Дифференциальные уравнения», «Специальные разделы физики (квантовая физика)», «Физические основы электроники», «Физическая и квантовая оптика», «Электромагнитные поля и волны».

Дисциплина «Фотоника» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Оптические цифровые телекоммуникационные системы», «Метрология в оптических телекоммуникационных системах», «Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи:

ПКС-3 – Способен проектировать и модернизировать отдельные устройства и блоки инфокоммуникационных систем.

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
ПКС-3								
Схемотехника телекоммуникационных устройств								
Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства								
Фотоника								
Сети связи и системы коммутации								
Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС								
Антенны и устройства СВЧ								
Антенно-фидерные устройства								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Выполнение и защита ВКР								

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-3. Способен проектировать и модернизировать отдельные устройства и блоки инфокоммуникационных систем	ИПКС-3.1. Ориентируется в тенденциях развития современных устройств и блоков инфокоммуникационных систем.	Знать: <ul style="list-style-type: none"> - свойства излучения в оптическом диапазоне; - приемы безопасной работы с лазерным излучением; - области и перспективы применения изучаемых приборов; 			Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: контрольные вопросы
	ИПКС-3.2. Проектирует и модернизирует отдельные устройства и блоки инфокоммуникационных систем.	Знать: <ul style="list-style-type: none"> - параметры, характеристики и конструкции оптоэлектронных приборов (газовых, полупроводниковых и волоконных лазеров, светоизлучающих диодов, фотодиодов, фоторезисторов); - основные технологические процессы, используемые при создании оптоэлектронных приборов. 	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> - применять математические модели оптоэлектронных и квантовых приборов к анализу и оптимизации параметров линий связи с использованием средств компьютерного проектирования. 	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> - навыками экспериментального исследования параметров и характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств; - методами расчета характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств. 	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: контрольные вопросы

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
		6 сем
Формат изучения дисциплины		очная
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	72	72
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	68	68
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	34	34
лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2.Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	.	
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	36	36
реферат/эссе (подготовка)		
расчёто-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.)	36	36
Подготовка к зачету (контроль)	36	36

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

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							
6 семестр											
ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2	Раздел 1. Квантовые усилители.								Конспект лекций		
	Тема 1.1. Оптоэлектронные приборы и устройства для волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Основные свойства источников и приемников для ВОЛС. Основные свойства и параметры оптического излучения: энергетические и световые параметры, спектральные параметры, когерентность, поляризация. Гауссовые пучки света.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Практическое занятие 1. Основные свойства и параметры оптического излучения: энергетические и световые параметры			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Тема 1.2. Спонтанные и вынужденные переходы. Условия усиления в квантовой системе.	0,5			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 1.3. Инверсия населенности. Накачка и их виды.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					

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							
	Практическое занятие 2. Спонтанные и вынужденные переходы.			1,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Тема 1.4. Уширение спектральной линии излучения. Квантовый усилитель.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Практическое занятие 3. Условия усиления в квантовой системе.			1,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Практическое занятие 4. Уширение спектральной линии излучения.			1,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Практическое занятие 5. Квантовый усилитель.			1,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела: реферат, эссе (тема)				6,0						
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 1 разделу	3,00		6,00	6,00						

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							
ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2	Раздел 2. Оптические резонаторы										
	Тема 2.1. Резонатор Фабри-Перо. Моды резонатора. Спектр и добротность собственных колебаний.	1,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 5. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 5. Физический диктант, блиц-опрос;				
	Тема 2.2. Виды оптических резонаторов. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.	1,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 2.3. Селективные зеркала резонаторов. Брегговские решетки. Селекция мод.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Практическое занятие 6. Квантовый усилитель.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Практическое занятие 7. Квантовый усилитель.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Практическое занятие 8. Квантовый усилитель.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	расчёто-графическая работа (РГР)										
ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2	контрольная работа										
	Итого по 2 разделу	3,00		6,00	6,00						
	Раздел 3. Газовые лазеры.										
ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2	Тема 3.1. Оптический квантовый генератор (ОКГ). Уравнение баланса. Стационарный режим работы ОКГ. Спектральные характеристики излучения ОКГ.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.3]	При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления				

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						
Практическое занятие 9. Уравнение баланса.				4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]	ления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.			
	Тема 3.2. Гелий-неоновый лазер – принцип работы, параметры и характеристики.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Лабораторная работа 1. «Гелий-неоновый лазер»		5.0		8,0	Подготовка к лабораторным работам [6.2.1], [6.2.4], [6.3.2]				
	Тема 3.3. Газовые лазеры – аргоновый и на углекислом газе Твердотельные лазеры	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Практическое занятие 10. Стационарный режим работы ОКГ. Спектральные характеристики излучения ОКГ.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела: реферат, эссе (тема)				8,0					
	расчёто-графическая работа (РГР)									
	контрольная работа									
	реферат, эссе (тема)									
	расчёто-графическая работа (РГР)									
	контрольная работа									
Итого по 3 разделу		3,00	5,00	6,00	8,00					

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							
ПКС-3 ИПКС-3.1 ИПКС-3.2	Раздел 4. Полупроводниковые источники оптического излучения										
	Тема 4.1. Люминесценция полупроводников. Прямозонные и непрямозонные полупроводники, инжекционная электролюминесценция. Излучательная и безизлучательная рекомбинация. Оже-рекомбинация, внутренний и внешний квантовый выход.	1,0					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]	1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 6. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 7. физический диктант, блиц-опрос; 8. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логико-математическими моделями.			
	Практическое занятие 11. Люминесценция полупроводников. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.				2,0						
	Тема 4.2. Инжекционная люминесценция. Эффективность инжекционной люминесценции, гетеропереходы	1,0					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Практическое занятие 12. Внутренний и внешний квантовый выход.				2,0						
	Тема 4.3. Светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры: конструкции, параметры, кпд, спектральные диапазоны излучения, направленность излучения, быстродействие, вопросы надежности и долговечности.	2,0					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]				
	Лабораторная работа 2. «Полупроводниковый лазер», «Светодиоды»		6,0		8,0			Подготовка к лабораторным работам [6.2.1], [6.2.4], [6.3.2]			

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							
	Практическое занятие 13. Инжекционная люминесценция.			4,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	реферат, эссе (тема)										
	расчётно-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 4 разделу	4,00	6,00	8,00	8,00						
	Раздел 5. Приемники оптического излучения.										
	Тема 5.1. Виды и физические основы работы приемников оптического излучения. Шумы фотоприемников. Чувствительность и пороговые характеристики фотоприемников	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 5.2. Фоторезисторы – принцип действия, конструкции и характеристики.	1.0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Тема 5.3. Фотодиоды – принцип действия, конструкции и характеристики. Фотодиоды на р-п-переходе, р-і-п- диоды, на гетеропереходах, лавинные фотодиоды	1.0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]					
	Практическое занятие 14. Шумы фотоприемников.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Лабораторная работа №3 «Изу-		6,00		8,0	Подготовка к лаборатор-					

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							
	чение характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов»					ным работам [6.2.1], [6.2.4], [6.3.2]					
	Практическое занятие 15. Чувствительность и пороговые характеристики фотоприемников.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Практическое занятие 16. Чувствительность и пороговые характеристики фотоприемников.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Практическое занятие 17. Быстродействие , p-i-n- фотодиодов			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.2.2], [6.2.3]					
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела: реферат, эссе (тема)				8,0						
	расчёто-графическая работа (РГР)										
	контрольная работа										
	Итого по 5 разделу	4,00	6,00	8,00	8,00						
	Курсовая работа (КР)										
	Курсовой проект (КП)										
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	17	34	36						
	ИТОГО по дисциплине	17	17	34	36						

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 6 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	

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-3. Способен проектировать и модернизировать отдельные устройства и блоки инфокоммуникационных систем	ИПКС-3.1. Ориентируется в тенденциях развития современных устройств и блоков инфокоммуникационных систем.	Не знает свойства излучения в оптическом диапазоне, приемы безопасной работы с лазерным излучением, области и перспективы применения изучаемых приборов.	Может сформулировать свойства излучения в оптическом диапазоне, приемы безопасной работы с лазерным излучением, области и перспективы применения изучаемых приборов. Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Может сформулировать свойства излучения в оптическом диапазоне, приемы безопасной работы с лазерным излучением, области и перспективы применения изучаемых приборов. Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Твердо знает свойства излучения в оптическом диапазоне, приемы безопасной работы с лазерным излучением, области и перспективы применения изучаемых приборов. Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.
	ИПКС-3.2. Проектирует и модернизирует отдельные устройства и блоки инфокоммуникационных систем.	Не знает параметры, характеристики и конструкции оптоэлектронных приборов (газовых, полупроводниковых и волоконных лазеров, светоизлучающих диодов, фотодиодов, фоторезисторов). Не умеет применять математические модели оптоэлектронных и квантовых приборов к анализу и оптимизации параметров линий связи с использованием средств компьютерного проектирования.	Не твердо знает параметры, характеристики и конструкции оптоэлектронных приборов (газовых, полупроводниковых и волоконных лазеров, светоизлучающих диодов, фотодиодов, фоторезисторов). Может применять математические модели оптоэлектронных и квантовых приборов к анализу и оптимизации параметров линий связи с использованием средств компьютерного проектирования.	Знает параметры, характеристики и конструкции оптоэлектронных приборов (газовых, полупроводниковых и волоконных лазеров, светоизлучающих диодов, фотодиодов, фоторезисторов). Умеет применять математические модели оптоэлектронных и квантовых приборов к анализу и оптимизации параметров линий связи с использованием средств компьютерного проектирования.	Знает параметры, характеристики и конструкции оптоэлектронных приборов (газовых, полупроводниковых и волоконных лазеров, светоизлучающих диодов, фотодиодов, фоторезисторов). Умеет применять математические модели оптоэлектронных и квантовых приборов к анализу и оптимизации параметров линий связи с использованием средств компьютерного проектирования.

		<p>вания.</p> <p>Не владеет навыками экспериментального исследования параметров и характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств, методами расчета характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств.</p>	<p>проектирования в неполном объеме.</p> <p>Слабо владеет навыками экспериментального исследования параметров и характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств (не может оценить погрешность измерения), методами расчета характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств в неполном объеме.</p>	<p>ции параметров линий связи с использованием средств компьютерного проектирования. Иногда испытывает небольшие затруднения.</p> <p>Владеет навыками экспериментального исследования параметров и характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств, методами расчета характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств. Иногда испытывает небольшие затруднения</p>	<p>терного проектирования. Владеет - навыками экспериментального исследования параметров и характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств, методами расчета характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств.</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, 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.	Игнатов А.Н.	Оптоэлектроника и нанофотоника	СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2011	Учебное пособие	3
6.1.2.	Федоров А.В.	Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур.	СПб. : Изд-во СПбГУ ИТМО, 2009	Учебное пособие	Электронная версия
6.1.3.	Федотов А.Б., Щербаков В.В.	Введение в физическую и квантовую оптику. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	Нижний Новгород Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева 2016.	Учебное пособие	100

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.	Хамадулин Э.Ф.	Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах	М. : Юрайт, 2014	Учебное пособие	1
6.2.2.	Киселев Г. Л.	Квантовая и оптическая электроника	СПб.: Лань 2011г	Учебное пособие	12
6.2.3.	Шалимова К.В.	Физика полупроводников	М.: Лань, 2010г	Учебное пособие	7
6.2.4.	Кирилловский В.К	Современные оптические исследования и измерения	СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2010.–	Учебное пособие для вузов, направление подготовки «Опто-техника» и оптические специальности	6

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

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

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Фотоника»;

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Фотоника». Общие требования и правила оформления отчета;

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Фотоника»;

6.3.4. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Фотоника».

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 Znaniум.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	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

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	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

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.

Для проведения лекционных демонстраций имеется демонстрационный кабинет 5307 рядом с лекционной аудиторией 5303, оснащённый приборами, макетами, различными установками.

Лабораторные работы проводятся в 5 корпусе в оснащённой необходимым оборудованием лаборатории: аудитория 5235 – Лаборатория «Фотоника» - 4 лабораторных работы:

- 1) комплект устройств для изучения параметров и характеристик гелий-неонового лазера;
- 2) комплект устройств для изучения параметров и характеристик светоизлучающего диода;
- 3) комплект устройств для изучения параметров и характеристик полупроводникового лазера;
- 4) комплект устройств для изучения параметров и характеристик фотодиода и фоторезистора.

Лаборатория «Фотоника» (ауд. 5235) имеет четыре комбинированных лабораторных установки, включающих в себя:

- 1) гелий-неонового лазер ОКГ-13 с источником питания ИП-2;
- 2) экран с линейкой;
- 3) набор линз;
- 4) фотосопротивление СФ2-1;
- 5) микроамперметры,
- 6) полупроводниковые лазеры;
- 7) светодиоды;
- 8) дифракционные решетки;
- 9) вольтметры;
- 10) фотодиоды;
- 11) фоторезисторы.

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 «Фотоника», 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. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom. Инициируется 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 зачета 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

- проведение контрольных работ;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- зачет.

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 зачета

11.2.1. Вопросы к зачету, проводимому по окончании шестого семестра

1. Основные свойства и параметры оптического излучения
2. Спонтанные и вынужденные переходы. Физические основы усиления и генерации лазерного излучения.
3. Ширина спектральной линии. Формирование спектра излучения газовых лазеров.
4. Инверсия населенностей. Квантовые усилители.
5. Коэффициент усиления в квантовом усилителе.
6. Структурная схема ОКГ. Условия возникновения генерации. Порог самовозбуждения.
7. Уравнение баланса ОКГ. Порог самовозбуждения.
8. Стационарный режим работы ОКГ. Мощность и полоса собственного колебания.
9. Оптические резонаторы. Свойства плоского резонатора. Типы резонаторов.
10. Добротность оптического резонатора.
11. Сравнительная характеристика различных типов резонаторов. Селекция мод. Зеркала резонаторов.
12. Параметры и характеристики гелий-неонового лазера.
13. Люминесценция полупроводников. Излучательная и безизлучательная рекомбинация.
14. Условия усиления в полупроводниках.
15. Инжекционная люминесценция.
16. Явления, происходящие при контакте двух типов полупроводников.
17. Гетеропереходы. Двухсторонние гетероструктуры.
18. Гетеропереходы с квантовыми ямами.
19. Типы полупроводниковых материалов используемых для полупроводниковых источников. Твердые растворы.
20. Конструкции светоизлучающих диодов.
21. Параметры и характеристики светоизлучающих диодов.
22. Временные характеристики светоизлучающих диодов.
23. Конструкции полупроводниковых лазеров.
24. Параметры и характеристики полупроводниковых лазеров.
25. Пороговый ток. Признаки преодоления порога в полупроводниковых лазерах.
26. Деградация полупроводниковых лазеров.
27. Приемники оптического излучения. Параметры и характеристики приемников.
28. Фотосопротивления. Принцип работы.
29. Параметры и характеристики фотосопротивлений.
30. Фотодиод. Принцип работы. Режимы работы.
31. Параметры и характеристики фотодиодов.
32. Разновидности фотодиодов.
33. Конструкции фотосопротивлений.
34. Конструкции фотодиодов.
35. Временные характеристики фотодиодов.
36. Шумы фотоприемников.
37. Спектральные характеристики фотоприемников.

11.3. Типовые задания для текущего контроля

Типовые задачи

Задание 1.

Степень вырождения нижнего 1 и верхнего 2 энергетических уровней равны восьми и двум соответственно. На нижнем уровне число частиц – 10^{18} см^{-3} . При какой концентрации частиц на верхнем уровне наступит инверсия населенности?

Задание 2.

Определить добротность плоского резонатора, если длина волны и ширина линии генерации равны соответственно -1мкм и 0,1 нм.

Задание 3.

Резонатор длиной 1см образован выпуклым и вогнутым зеркалами. Радиус кривизны выпуклого зеркала равен -2см. При каких значениях радиуса кривизны другого зеркала резонатор будет устойчивым?

Задание 4.

Мощность непрерывной генерации полоскового лазера равна 10 мВт, длина волны генерации 0,8 мкм, ширина спектральной линии 0,3 нм, размеры ближнего поля излучения $1 \times 10 \text{ мкм}^2$. До какой температуры необходимо нагреть абсолютно черное тело, чтобы энергетическая светимость в заданном спектральном интервале была равна светимости зеркала лазера?

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИЯЭиТФ

“ ____ ” 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)

« ____ » 2022 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

_____ протокол № _____ от « ____ » 2022 г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС _____ « ____ » 2022 г.

Методический отдел УМУ: _____ « ____ » 2022 г.