

**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:

\_\_\_\_\_ Хробостов А.Е.

“10” июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.7 Физическая и квантовая оптика**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения: очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 144/4

часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет с оценкой

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик: Иванов А.Е., к.т.н., доцент

Нижний Новгород

2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 930 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 15 июня 2021 г. № 7.

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

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

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 10 июня 2021 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-о-26.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_ Кабанина Н.И.  
(подпись)

## 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>7</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	7
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>14</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>17</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	17
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	19
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	21
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>22</b>
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	22
7.2. Перечень программного обеспечения информационных справочных систем.....	23
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>23</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>24</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ 24</b>	
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	24
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....	26
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ .....	26
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....	26
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	26
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>27</b>
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ .....	27
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой .....	27
11.3. Типовые задания для текущего контроля .....	29
<b>12. ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>32</b>

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

**1.1. Цель освоения дисциплины:** освоение профессиональных компетенций, подготовка к проектной и научно-исследовательской профессиональной деятельности.

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

- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;
- подготовка и составление отчетов, обзоров, рефератов и докладов на научных конференциях и семинарах.

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

Учебная дисциплина «Физическая и квантовая оптика» 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: «Математика», «Дифференциальные уравнения», «Физика».

Дисциплина «Физическая и квантовая оптика » является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства», «Метрология в оптических телекоммуникационных системах», «Оптические направляющие среды».

## **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-10 Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач.

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-10</b>								
<i>Кристаллография .</i>								
<i>Физическая и квантовая оптика.</i>								
<i>Технологическая (проктно-технологическая) практика.</i>								
<i>Научно-исследовательская работа.</i>								
<i>Выполнение и защита ВКР.</i>								

### 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-10. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач.	ИПКС-10.1. Работает с различными информационными системами и базами данных.	<b>Знать:</b> - различные информационные системы, содержащие сведения об узлах и блоках ВОЛС и базы данных оптических элементов.			Вопросы для устного собеседования по информационным системам.	Вопросы для устного опроса по базовым структурам оптических элементов лабораторных работ.
	ИПКС-10.2. Обрабатывает информацию с использованием современных технических средств.			<b>Владеть:</b> - обработкой информации с использованием программ моделирования оптических устройств .	Вопросы для устного собеседования по математическим моделям оптических устройств в объеме лабораторных работ.	Вопросы для письменного опроса и отчеты по лабораторным работам.
	ИПКС-10.3. Осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической		<b>Уметь:</b> - осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию		Вопросы для устного собеседования по заданной тематике исследований.	Вопросы для письменного отчета по заданной тематике исследований.

	информации по теме исследований.		научно-технической информации как по отдельным компонентам, так и в целом по оптическим системам по заданной тематике исследований.			
ПКС-10. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач.	ИПКС-10.4. Выбирает методики и средства решения поставленных задач.		<b>Уметь:</b> выбирать методики расчета оптических элементов и средства решения (в том числе составление программ на алгоритмических языках) для выполнения поставленных задач.		Вопросы для устного собеседования по методам расчета оптических элементов в объеме лабораторных работ.	Вопросы для письменного опроса базовых положений квантовой оптики, используемых для расчета оптических элементов.

#### 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. по семестрам
		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>72</b>	<b>72</b>
<b>1.1.Аудиторная работа,в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
занятия лекционного типа (Л)	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	72	72
Подготовка к зачету с оценкой		



## 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 (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельна я работа студентов (час)			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
5 семестр								
ПКС-10 ИПКС-10.1 ИПКС-10.2 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Раздел 1. Состояние света						1.Диагностический безоценочный контроль, взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами. При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий направляет мысль обучающихся к новым	Конспект лекций
	Тема 1.1. Теория равновесного теплового излучения. Спонтанные и вынужденные излучательные переходы в атомах. Формула Планка.	3,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.3.4]		
	Тема 1.2. Вторичное квантование светового поля. Чистые состояния. Когерентное состояние.	4,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.3.4]		
	Практическое занятие 1. Вторичное квантование светового поля. Свойства чистых состояний. Коммутаторы.			3,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.2.7], [6.2.8], [6.3.3]		
	Тема 1.3 Смешанные состояния. Оператор плотности.	3,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.3.4]		
	Практическое занятие 2. Вычисление средних значений и матричных элементов физических величин в смешанных состояниях.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.7], [6.3.3]		
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельна я работа студентов (час)			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
ПКС-10 ИПКС-10.1 ИПКС-10.2 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Итого по 1 разделу	10		5	14		теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.	
	Раздел 2. Волновые свойства света.							
	Тема 2.1.Корреляционная функция. Степень когерентности. Время и длина когерентности. Доплеровское и ударное уширения спектральных линий.	3,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.3], [6.3.4]	В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.	
	Лабораторная работа №1 Дифракция света.		4,0			Подготовка к лабораторным работам [6.1.3],[6.3.2]		
	Практическое занятие 3. Вычисление корреляционной функции и степени когерентности.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.3]		
	Тема 2.2. Интерференция света.				4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.3.4]		
	Лабораторная работа №2 Интерференция света на плоскопараллельной пластинке.		4,0			Подготовка к лабораторным работам [6.1.3],[6.3.2]		
	Практическое занятие 4. Расчет спектральных характеристик оптических приборов лаборатории физической и квантовой оптики.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельна я работа студентов (час)			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
	Тема 2.3. Частотная дисперсия света.	2,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.2], [6.3.4]		
	Лабораторная работа №3 Дисперсия света.		4,0			Подготовка к лабораторным работам [6.1.3], [6.3.2]		
	Тема 2.4. Пространственная дисперсия света.	2,0			6,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.2], [6.3.4]		
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	7,00	12,00	4,00	20,00			
ПКС-10 ИПКС-10.1 ИПКС-10.2 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Раздел 3. Взаимодействие света с веществом.						1. Диагностический безоце- ночный контроль, взаимоконтроль;  2 Разноуровневыекаче- ственные, расчетные, графические задания;  3. физический диктант, блиц-опрос;  4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.  При изучении нового ма- териала-слайд показ.сов-	
	Тема 3.1. Рассеяние света. Упругое рассеяние. Комбинационное рассеяние.	3,0			6,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.2], [6.3.4]		
	Практическое занятие 5. Вычисление дифференциального сечения упругого и комбинационного рассеяния. Диаграммы Фейнмана.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.2.2], [6.3.3]		
	Тема 3.2 Рассеяние света в кристаллах.	2,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.2], [6.3.4]		
	Тема 3.3 Электрооптические эффекты. Эффекты Штарка, Поккельса, Керра.	2,0			6,0	Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.2.2], [6.3.4]		
	Лабораторная работа №4. Электрооптические эффекты Поккельса и Керра.		5,0			Подготовка к лабораторным работам [6.1.3], [6.2.2],[6.2.6], [6.3.2]		
	Тема 3.4 Магнитооптические эффекты. Эффекты Зеемана,	2,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.1.4], [6.2.2], [6.2.6]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельна я работа студентов (час)			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
ПКС-10 ИПКС-10.1 ИПКС-10.2 ИПКС-10.3 ИПКС-10.4	Фарадея.						местно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.	
	<b>Практическое занятие 6.</b> Вычисление количественных параметров эффекта Зеемана в слабом магнитном поле. Определение $\pi$ - и $\sigma$ - компонент в спектре источника.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.3], [6.2.2], [6.3.3]		
	<b>реферат, эссе (тема)</b>							
	<b>расчётно-графическая работа (РГР)</b>							
	<b>контрольная работа</b>							
	<b>Итого по 3 разделу</b>	<b>9,00</b>	<b>5,00</b>	<b>4,00</b>	<b>20,00</b>			
	<b>Раздел 4. Нелинейная оптика.</b>							
	<b>Тема 4.1.</b> Кубично и квадратично нелинейные среды.	2,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.2.2], [6.2.5], [6.3.4]	В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.	
	<b>Практическое занятие 7.</b> Кубично и квадратично нелинейные среды. Нелинейное волновое уравнение. Фазовый синхронизм. Определение углов скалярного синхронизма для генерации суммарной частоты.			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.2.5], [6.3.3]		
	<b>Тема 4.2.</b> Генерация второй гармоники в квадратично нелинейной среде.	2,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.2.2], [6.2.5], [6.3.4], [6.2.6]		
	<b>Практическое занятие 8.</b> Построение фазового портрета процесса генерации второй			2,0		Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.2.5], [6.3.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельна я работа студентов (час)			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
	гармоники.							
	Тема 4.3. Вынужденное комбинационное рассеяние. Генерация разностной частоты.	2,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.2.2], [6.2.6], [6.3.4]		
	Тема 4.4. Самосжатие световых импульсов в кубически нелинейных средах. Гигантские импульсы. Фемтосекундные импульсы. Оптические солитоны.	2,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.2.6], [6.3.4]		
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	8		4	18			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	17	17	72			
	ИТОГО по дисциплине	34	17	17	72			

## 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 с оценкой 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

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Контрольная неделя</b>	<b>Зачет</b>
$40 < R \leq 50$	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 четырех бальной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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-10. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач.	ИПКС-10.1. Работает с различными информационными системами и базами данных.	Не знает различные информационные системы, содержащие сведения об узлах и блоках ВОЛС. Не ориентируется в базах данных оптических элементов.	Плохо разбирается в различных информационных системах, содержащих сведения об узлах и блоках ВОЛС. Слабо ориентируется в базах данных оптических элементов.	Разбирается в определенных информационных системах, содержащих сведения об узлах и блоках ВОЛС. В основном знаком с базами данных оптических элементов.	Знает различные информационные системы, содержащих сведения об узлах и блоках ВОЛС и может с ними работать. Свободно ориентируется в базах данных оптических элементов.
	ИПКС-10.2. Обрабатывает информацию с использованием современных технических средств.	Не умеет обрабатывать информацию с использованием современных технических средств.	Весьма слабо владеет обработкой информации с использованием программ моделирования оптических устройств, допуская ошибки.	Нормально владеет обработкой информации с использованием программ моделирования оптических устройств, допуская небольшие неточности.	В совершенстве владеет обработкой информации с использованием программ моделирования оптических устройств.
	ИПКС-10.3. Осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований.	Не умеет самостоятельно осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно – технической информации. С помощью преподавателя может обрабатывать лишь	С помощью преподавателя может осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации как по отдельным компонентам, так и в целом	Может осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации как по отдельным компонентам, так и в	Самостоятельно грамотно осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации как по отдельным компонентам, так и в целом

		небольшие фрагменты информации по оптической тематике, допуская грубые ошибки.	по оптическим системам по заданной тематике исследований, допуская ошибки.	целом по оптическим системам по заданной тематике исследований, допуская небольшие неточности.	по оптическим системам по заданной тематике исследований,
ПКС-10. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследований, выбирать методики и средства решения задач.	ИПКС-10.4. Выбирает методики и средства решения поставленных задач.	Не умеет выбирать методики расчета оптических элементов и средства решения поставленных задач. Не знает алгоритмические языки.	С помощью преподавателя может выбирать методики расчета оптических элементов и средства решения (в том числе составление программ на алгоритмических языках) поставленных задач, допуская ошибки. Слабо знаком с методикой составления программ на алгоритмических языках.	С небольшой помощью преподавателя может выбирать методики расчета оптических элементов и средства решения (в том числе составление программ на алгоритмических языках) для выполнения поставленных задач, допуская небольшие неточности.	Умеет самостоятельно и грамотно выбирать методики расчета оптических элементов и средства решения (в том числе составление программ на алгоритмических языках) для выполнения поставленных задач.



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, электронные издания.

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). Издания, находящиеся в электронном доступе (электронный ресурс), удовлетворяют этому требованию автоматически. Электронный доступ приведен в виде ссылок после обычного описания издания.

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф
6.1.1.	Карлов Н.В., Кириченко Н.А.	Начальные главы квантовой механики.	М.: Физматлит.- 2006.- 360с.	Учебник для вузов.
6.1.2.	Федотов А.Б., Щербаков В.В.	Введение в физическую и квантовую оптику. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.	Изд. Нижний Новгород: НГТУ, 2016.- 127с.	Рекомендовано Ученым советом Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева в качестве учебного пособия для бакалавров, специализирующихся по направлению подготовки 11.03.02. «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Печатное издание. Библиотека НГТУ.

6.1.3.	Сивухин Д.В.	Общий курс физики, Т.4. Оптика.	М.: Физматлит, 2002.-744с.	Учебное пособие.
6.1.4.	Ахма- нов С.А., Никитин С. Ю.	Физическая оптика.	М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004.-656с.	Учебник

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф
6.2.1.	Кисе-лев Г.Л.	Квантовая оптическая электроника.	Лань. Санкт- Петербург, 20011.-316с.	Учебное пособие
6.2.2.	Шен И.Р.	Принципы нелинейной оп- тики.	Перевод с англ. Под ред. С.А. Ахманова. М.: Наука. Гл.ред. Физматлит. 1989.- 560с.	
6.2.3.	Елютин П.В., Кривчен- ков В.Д.	Квантовая механика с задачами.	Под ред. Н.Н. Боголюбова. М.: Физматлит. 2001.-304с.	Учебное пособие.
6.2.4.	Иродов И.Е.	Задачи по квантовой физике.	М.: Вышш.шк., 1991.-175с.	Учебное пособие для физ. специальностей вузов.
6.2.5.	Ахматов А.С. (под редакцией)	Лабораторный практикум по физике.	М.: Высшая школа. 1980- 360с.	Допущено министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве пособия для высших технических учебных заведений. [Электронный ресурс]:

### Перечень журналов по профилю дисциплины:

1. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева.
2. Квантовая электроника.
3. Фотоника.

#### 4. Оптика и спектроскопия.

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

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

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Физическая и квантовая оптика».

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине «Физическая и квантовая оптика».

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятий по дисциплине «Физическая и квантовая оптика».

6.3.4. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Физическая и квантовая оптика».

## 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.
8. Ресурсы системы федеральных образовательных порталов:
  - Федеральный портал. Российское образование. Режим доступа: <http://www.edu.ru/>
  - Российский образовательный портал. Режим доступа: <http://www.school.edu.ru/default.asp>

## 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 РОССТАНДАРТ	<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.

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

Для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Физическая и квантовая оптика» имеется специализированная лаборатория (ауд.5235), оснащенная необходимым оборудованием, в том числе:

- 1) комплект оптического оборудования «Свет» (ТУ 40.207-86), включающий гониометр Г-5м (ТУ 3-3.239-82), микроскоп МБС-9 (ТУ 3-3 1210-78), лазеры, источники питания, измерители фототока, фоторезисторы, светофильтры, поляроиды, ячейки Керра и Покеельса, дифракционные решетки, призмы, щели, линзы и т.д.;
- 2) универсальный монохроматор УМ-2 № 620295, осциллограф С1-65А, вольтметры В7-27.

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

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

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.

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 экзамена с учетом текущей успеваемости.

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

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

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

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по 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 разделе 9). 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 с оценкой.

#### **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 с оценкой по окончании пятого семестра

1. Волновая функция (ВФ). Плотность вероятности. Поток плотности вероятности. Непрерывность и гладкость ВФ. Принцип суперпозиции.
2. Стационарное и нестационарное уравнения Шредингера. Операторы и матрицы физических величин.
3. Формализм Шредингера и формализм Дирака. Задача Штурма – Лиувилля для собственных функций и собственных значений физических величин.
4. Условие соизмеримости физических величин. Соотношения неопределенностей.
5. Равновесное тепловое излучение (РТИ). Условие детального равновесия между излучением и материалом полости.
6. Вычислить спектральную плотность состояний РТИ. Зависит ли она от формы и материала полости?
7. Классическая теория РТИ. Ее недостатки. Гипотеза Планка о квантовании света. Энергия и импульс фотонов.
8. Свойства РТИ абсолютно черного тела (флуктуация числа фотонов, закон коротковолнового смещения, закон Стефана – Больцмана).
9. Сравнить свойства спонтанного и вынужденного излучений.
10. Инверсная заселенность энергетических уровней. Достижима ли она в двухуровневой системе?
11. В чем состоит условие инверсной заселенности для трехуровневой системы?
12. Выразить энергию электромагнитного излучения через обобщенную координату и обобщенный импульс. Каков вид оператора Гамильтона для многомодового светового поля?
13. Вторичное квантование электромагнитного излучения. Дать определение операторов рождения  $\hat{a}^+$  и уничтожения  $\hat{a}$  фотонов. Выразить операторы Гамильтона, векторного потенциала, напряженности электрического и магнитного полей через  $\hat{a}^+$  и  $\hat{a}$ .
14. Операторы числа и фазы фотонов. Соотношение неопределенностей для числа и фазы фотонов.
15. Какие состояния светового поля называются чистыми?
16. Чему равна флуктуация фазы в состоянии с определенным числом фотонов?
17. Чему равна флуктуация числа фотонов в состоянии с определенной фазой?
18. В каком состоянии произведение неопределенностей  $\delta n \cdot \delta \cos \varphi$  принимает минимальное значение? Чему оно равно?
19. Чему равны ожидаемые значения и флуктуации величин  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  и  $[\vec{E}\vec{H}]$  в когерентном состоянии?
20. Дать определение смешанных состояний светового поля.
21. Оператор плотности. Вычисление ожидаемых значений физических величин в смешанных состояниях.
22. Состояние равновесного теплового излучения как пример смешанного состояния. Сравнение свойств хаотического и когерентного светового пучков. Тепловой и квантовый шумы.
23. Оператор плотности для чистого состояния. Чему равен квадрат этого оператора?



24. Гамильтониан атома и гамильтониан взаимодействия атома с излучением в формализме вторичного квантования.

25. Чему равна вероятность одновременного поглощения (или испускания) двух фотонов? Ответ дать для приближений: а) дипольного; б) квадрупольного взаимодействия атома с излучением.

26. Вычисление коэффициентов скоростей спонтанного и вынужденного переходов в дипольном приближении.

27. Дать определение корреляционной функции и степени когерентности.

28. Временная когерентность. Время и длина когерентности. Естественная ширина спектральных линий.

29. Доплеровское уширение спектральных линий. Как оно зависит от давления и температуры излучающего газа?

30. Ударное уширение спектральных линий и его зависимость от давления и температуры излучающего газа.

31. Пространственная когерентность. Радиус когерентности. Степень пространственной когерентности.

32. Когерентность высших порядков. Постановка эксперимента по исследованию интерференции интенсивностей световых пучков (Хенбери Браун и Твисс).

33. Поляризованность среды как функция ее отклика на значения электрического поля в предыдущие времена. Тензор диэлектрической восприимчивости  $\chi_{i,k}(\omega)$  идеального газа. Чему равны компоненты  $\chi_{i,k}(-\omega)$ ?

34. Квантовая теория временной дисперсии света в идеальном газе. Силы осцилляторов. Правила сумм.

35. В чем состоит физический смысл отрицательных сил осцилляторов?

36. Пространственная дисперсия света. Какая среда называется гиротропной? Какой вид имеет материальное уравнение в гиротропной среде?

37. Сечение рассеяния света. Дифференциальное сечение упругого и неупругого рассеяния.

38. Проанализировать частотную зависимость сечения упругого рассеяния. Рассмотреть частные случаи больших и малых частот.

39. В чем состоит физическая сущность комбинационного рассеяния?

40. Как вычисляется сечение комбинационного рассеяния в приближении электрического дипольного взаимодействия?

41. Происхождение стоксовых (красных) и антистоксовых (фиолетовых) спутников в спектре рассеянного света.

42. Рассеяние света на фононах кристаллической решетки.

43. Особенности оптических свойств диэлектриков и полупроводников.

44. Классификация видов рекомбинационного излучения в полупроводниках.

45. Внутренний фотоэффект. Прямые и не прямые межзонные переходы. Светодиоды. Полупроводниковые лазеры.

46. Экситоны. Рассеяние и поглощение света на экситонах.

47. В чем особенность строения веществ, в которых наблюдаются линейный эффект Поккельса?

48. Классификация нелинейных сред. Сформулировать частотно – перестановочные соотношения для тензоров квадратичной кубической восприимчивостей.

49. Физическая сущность эффектов: а) самофокусировки; б) генерации суммарной и разностной частот; в) оптического выпрямления.

50. Что такое: а) фазовый синхронизм; б) волновая расстройка; в) длина когерентности для генерации второй гармоники? Скалярные и векторные синхронизмы.

51. Анализ фазового портрета процесса генерации второй гармоники для случая скалярного *ООЕ* — синхронизма.

52. Самосжатие световых импульсов в кубически нелинейных средах. Гигантские импульсы. Фемтосекундные импульсы. Оптические солитоны.

### 11.3. Типовые задания для текущего контроля.

#### Контрольная работа №1 (2 часа).

##### ВАРИАНТ 1.1

1. Вычислить квадрат флуктуации напряженности  $\Delta \vec{E}^2 = \langle \vec{E}^2 \rangle - \langle \vec{E} \rangle^2$  вихревого электрического поля для одномодового излучения в когерентном состоянии  $|\alpha\rangle$ . Частота излучения  $\omega = 2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ .
2. Вычислить коммутатор  $\left\{ \hat{n}, \cos \hat{\varphi} \right\}$ . Сформулировать соотношение неопределенностей для величин  $n$  и  $\cos \varphi$ .

##### ВАРИАНТ 1.2

1. Вычислить квадрат флуктуации напряженности  $\Delta \vec{H}^2 = \langle \vec{H}^2 \rangle - \langle \vec{H} \rangle^2$  вихревого магнитного поля для одномодового излучения в когерентном состоянии  $|\alpha\rangle$ . Частота излучения  $\omega = 2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ .
2. Вычислить коммутатор  $\left\{ \hat{n}, \sin \hat{\varphi} \right\}$ . Сформулировать соотношение неопределенностей для величин  $n$  и  $\sin \varphi$ .

##### ВАРИАНТ 1.3

1. Вычислить ожидаемое значение  $\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]$  плотности потока энергии для одномодового излучения в когерентном состоянии  $|\alpha\rangle$ . Частота излучения  $\omega = 2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ , параметр состояния  $\alpha = 10^4 \exp(i\pi/4)$ .
2. Вычислить коммутатор  $\left\{ \hat{\vec{E}}, \cos \hat{\varphi} \right\}$ . Сформулировать соотношение неопределенностей для величин  $E$  и  $\cos \varphi$ .

##### ВАРИАНТ 1.4

1. Вычислить квадрат напряженности  $\langle \vec{E}^2 \rangle$  вихревого электрического поля для одномодового излучения в смешанном состоянии:  $|S\rangle = 0,4|n\rangle + 0,6|\alpha\rangle$ . Частота излучения  $\omega = 2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ , параметры состояний:  $n = 10^8$ ,  $\alpha = 10^4 \exp(i\pi/4)$ . Какой вид имеет оператор плотности?

2. Вычислить коммутатор  $\left\{ \hat{H}, \cos \hat{\varphi} \right\}$ . Сформулировать соотношение неопределенностей для величин  $H$  и  $\cos \varphi$ .

### Контрольная работа №2 (2 часа).

#### ВАРИАНТ 2.1

1. Рассчитать эффект Зеемана для излучательных переходов между термами:  ${}^3F_3 \rightarrow {}^3D_3$ . Определить число спектральных  $\pi$  — и  $\sigma$  — линий.
2. Вычислить угол скалярного  $OOE$  — синхронизма для генерации второй гармоники в отрицательном кристалле. Характеристические коэффициенты преломления:  $n_o(\omega) = 1,467$ ,  $n_o(2\omega) = 1,490$ ,  $n_e(2\omega) = 1,460$ .

#### ВАРИАНТ 2.2

1. Рассчитать эффект Зеемана для излучательных переходов между термами:  ${}^4F_{5/2} \rightarrow {}^4D_{3/2}$ . Определить число спектральных  $\pi$  — и  $\sigma$  — линий.
2. Какому соотношению должен удовлетворять угол скалярного  $OEE$  — синхронизма для генерации второй гармоники в отрицательном кристалле? Характеристические коэффициенты преломления:  $n_o(\omega) = 1,485$ ,  $n_o(2\omega) = 1,490$ ,  $n_e(\omega) = 1,475$ ,  $n_e(2\omega) = 1,480$ . Удовлетворяют ли они условию  $90^\circ$  — градусного синхронизма?

#### ВАРИАНТ 2.3

1. Рассчитать эффект Зеемана для излучательных переходов между термами:  ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4D_{3/2}$ . Определить число спектральных  $\pi$  — и  $\sigma$  — линий.
2. Вычислить угол скалярного  $EEO$  — синхронизма для генерации второй гармоники в положительном кристалле. Характеристические коэффициенты преломления:  $n_o(\omega) = 1,46$ ,  $n_o(2\omega) = 1,49$ ,  $n_e(\omega) = 1,48$ ,  $n_e(2\omega) = 1,50$ .

#### ВАРИАНТ 2.4

1. Рассчитать эффект Зеемана для излучательных переходов между термами:  ${}^3F_3 \rightarrow {}^3D_2$ . Определить число спектральных  $\pi$  — и  $\sigma$  — линий.

2. Вычислить угол скалярного *еоо* —схронизма для генерации второй гармоники в положительном кристалле. Характеристические коэффициенты преломления:  
 $n_o(\omega) = 1,466$ ,  $n_o(2\omega) = 1,475$ ,  $n_e(\omega) = 1,502$ ,  $n_e(2\omega) = 1,508$ .

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИЯЭиТФ

Хробостов А.Е.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**  
**«\_Б1.В.ОД.7\_ Физическая и квантовая оптика\_»**  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Оптические системы и сети связи

Форма обучения : очная

Год начала подготовки: 2021\_\_

Курс 3\_\_

Семестр 5\_\_

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2021 г. начала подготовки.

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

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....

Разработчик (и): Иванов А.Е., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021\_\_ г.

Заведующий кафедрой Раевский А.С.

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС Раевский А.С. «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020\_\_ г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020\_\_ г.