

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности



А.А.Панфилов

« 03 » 09 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ ОПТИКИ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед., / час.:	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	7/252	36	36	18	126	Экзамен (36)
5	6/216	36	36	-	99	Экзамен (45), КР
<b>Итого</b>	<b>13/468</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>225</b>	<b>Экзамен(36), Экзамен(45), КР</b>

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целями освоения дисциплины (модуля) Основы оптики являются последовательное рассмотрение оптических явлений на основе единого электродинамического подхода. Дисциплина «Основы оптики» имеет своей целью сформировать у студентов понимание теоретических и физических основ современной оптики и практику применения полученных знаний в фундаментальных и прикладных исследованиях в области лазерных технологий.

### Задачи дисциплины:

- изучение основных законов распространения света с точки зрения классической электромагнитной волновой теории Максвелла-Лоренца;
- изучение основных законов взаимодействия света с веществом в линейном приближении на основе модели Лоренца для материальных сред;
- освоение применения фундаментальных физических законов оптических явлений для описания принципов функционирования различных оптических приборов и систем, включая лазерную технику;
- приобретение навыков самостоятельного решения типовых задач волновой оптики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы оптики» относится к базовой части основной профессиональной образовательной программы.

Изучение данной дисциплины проходит в 4-5м семестрах и базируется на знаниях, приобретённых студентами в рамках общеобразовательных курсов Физика, Математика, Основы квантовой физики, Теория вероятностей и математическая статистика.

Знания и практические навыки, полученные из курса «Основы оптики», используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин «Основы квантовой электроники», «Когерентная оптика», «Нелинейная оптика», «Взаимодействие лазерного излучения с веществом», «Прикладная оптика», «Лазерная техника», «Научно-исследовательская работа в семестре», а также будут применены для написания выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины «Основы оптика» обучающийся должен освоить следующие компетенции:

**ОК-1:** способностью формировать мировоззренческую позицию на основе философских знаний.

**ОПК-4:** способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности.

**ОПК-6:** способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования

**ПК-1:** способностью к анализу поставленной задачи исследований в области приборостроения.

**ПК-3:** способностью к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике.

**ПК-5:** способностью к анализу, расчёту, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать освоение указанных компетенций по дескрипторам «знания, умения, владения», в соответствии с тематическими модулями дисциплины, применять полученные знания в последующем обучении и профессиональной деятельности:

**Знать:** - основы философских знаний для формирования мировоззренческой позицию на их основе (ОК-1); способностью учитывать современные тенденции развития оптической техники и технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-4); методы сбора, обработки, анализа и систематизации научно-техническую информацию в области оптических исследований; методы анализа задач исследований в области оптического приборостроения (ОПК-6, ПК-1, ПК-3); методики проведения оптических измерений и исследований различных объектов по заданной методике; технические задания типовых оптических систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях (ПК-5).

**Уметь:** применять основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции на их основе в области оптики (ОК-1); учитывать современные тенденции развития оптической техники и технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-4); применять методы сбора, обработки, анализа и систематизации научно-техническую информацию в области оптических исследований (ОПК-6); анализировать задачи исследований в области оптического приборостроения (ПК-1); применять методики проведения оптических измерений и исследований различных объектов по заданной методике (ПК-3); составлять технические задания для типовых оптических систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях (ПК-5).

**Владеть:** приёмами философских знаний для формирования мировоззренческой позиции на их основе (ОК-1); современными знаниями о развитии оптической техники и технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-4); методами сбора, обработки, анализа и систематизации научно-техническую информацию в области оптических исследований (ОПК-6); методами анализа задач и приёмами исследований в области оптического приборостроения; методиками проведения оптических измерений и исследований различных объектов по заданной методике (ПК-1, ПК-3); алгоритмами составления технических заданий для типовых оптических систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях (ПК-5).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 13 зачетных единиц, 468 часов. Из них в 4 семестре 7 зачетных единиц, 252 часа, а в 5 семестре 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
<b>4 семестр</b>											
1	Уравнения Максвелла. Волновое уравнение.	4	1-3	6	4			28	4/40%		
2	Энергия световых полей. Фотометрия.	4	4-5	6	6	4		22	7/43%	Рейтинг-контроль №1	
3	Классическая теория излучения атомов и молекул.	4	6-7	8	8	4		22	9/45%		
4	Интерференция света. Интерферометры.	4	10-11	8	8	5		21	10/47%	Рейтинг-контроль №2	
5	Дифракция света.	4	12-18	8	10	5		24	15/65%	Рейтинг-контроль №3	
	Итого за 4 семестр:	4	1-18	36	36	18		126	45/50%	Экзамен (36)	

5 семестр											
6	Введение в Фурье-оптику. Формирование оптического изображения. Теория	5	1-2	4	4			13		3/37%	
7	Взаимодействие света с веществом. Дисперсионные соотношения. Спектральный анализ	5	3-6	8	8			16		4/25%	Рейтинг-контроль №1
8	Прохождение светом границы раздела сред. Формулы Френеля. Стоячие волны. Эффект полного внутреннего отражения.	5	7-8	4	4			14		3/37%	
9	Основы металлооптики.	5	9	2	2			8		1/25%	
10	Оптика анизотропных сред. Эллипсоид показателя преломления.	5	10-12	6	6			16		4/33%	Рейтинг-контроль №2
11	Вращение плоскости поляризации. Естественная оптическая активность. Эффект Фарадея.	5	13-15	6	6			16		4/33%	
12	Рассеяние света. Упругое и неупругое рассеяние света: эффект Тиндаля, Релеевское рассеяние, комбинационное рассеяние света и рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.	5	16-18	6	6			16		4/33%	Рейтинг-контроль №3
	Итого за 5 семестр:	5	18	36	36	-		99		23/31%	Экзамен (45), КР
Всего		4	18,18	72	72	18		225		68/42%	Экзамен(36), Экзамен(45), КР

### Содержание разделов дисциплины

Темы, разделы дисциплины
<b>4 семестр</b>
<b>Раздел 1. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение.</b>
Лекция 1. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение.
Лекция 2. Структура световой волны в вакууме.
Лекция 3. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре.
<b>Раздел 2. Энергия световых полей. Фотометрия</b>
Лекция 4. Энергия и интенсивность световых полей.
Лекция 5. Вектор Умова-Пойнтинга.
Лекция 6. Световые величины. Фотометрия.
<b>Раздел 3. Классическая теория излучения атомов и молекул.</b>
Лекция 7. Классическая теория излучения Лоренца.

Темы, разделы дисциплины
Лекция 8. Статистические законы усреднения. Механизмы уширения спектральных линий.
Лекция 9. Атом в поле световой волны. Резонансное поглощение света. Закон Бугера.
<b>Раздел 4. Интерференция света. Интерферометры.</b>
Лекция 10. Интерференция света. Условие возникновения интерференции.
Лекция 11. Понятие временной и пространственной когерентности.
Лекция 12. Способы получения интерференции. Интерферометры Майкельсона и Юнга.
Лекция 13. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри – Перо.
<b>Раздел 5. Дифракция света.</b>
Лекция 14. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Интеграл Кирхгофа.
Лекция 15. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера.
Лекция 16. Дифракционная решётка и её основные параметры.
Лекция 17. Дифракция Вульфа-Брегга. Спектральный анализ.
Лекция 18. Заключительная лекция.
<b>5 семестр</b>
<b>Раздел 6. Введение в Фурье-оптику. Теория формирования оптического изображения.</b>
Лекция 1. Введение в Фурье-оптику.
Лекция 2. Теория формирования оптического изображения Аббе.
Лекция 3. Разрешающая сила оптических приборов. Голография.
<b>Раздел 7. Взаимодействие света с веществом. Дисперсионные соотношения. Спектральный анализ</b>
Лекция 4. Уравнения Максвелла в среде. Атом в поле световой волны. Молекулярные спектры.
Лекция 5. Комплексная диэлектрическая проницаемость и показатель преломления среды.
Лекция 6. Дисперсионные соотношения. Фазовая и групповая скорости света. Спектральный анализ
<b>Раздел 8. Прохождение светом границы раздела сред. Формулы Френеля. Стоячие волны. Эффект полного внутреннего отражения.</b>
Лекция 7. Прохождение границы раздела сред. Граничные условия в уравнениях Максвелла.
Лекция 8. Вывод законов преломления. Формулы Френеля.
Лекция 9. Нормальное падение на границу раздела и стоячие волны. Эффект полного внутреннего отражения.
<b>Раздел 9. Основы металлооптики. Поверхностные волны.</b>
Лекция 10. Основы металлооптики. Поверхностные волны в проводящих средах
<b>Раздел 10. Оптика анизотропных сред. Эллипсоид показателя преломления.</b>
Лекция 11. Оптика анизотропных сред. Эллипсоид показателя преломления.
Лекция 12. Построение Гюйгенса и двулуче-преломление на границе с анизотропной средой.
<b>Раздел 11. Вращение плоскости поляризации. Естественная оптическая активность.</b>
Лекция 13. Вращение плоскости поляризации. Естественная оптическая активность.
Лекция 14. Оптически активные вещества. Эффекты Керра и Фарадея.
<b>Раздел 12. Рассеяние света. Релеевское рассеяние. Комбинационное рассеяние света и рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.</b>
Лекция 15. Рассеяние света. Упругое и неупругое рассеяние света.
Лекция 16. Эффект Тиндаля, Релеевское рассеяние,
Лекция 17. Комбинационное рассеяние света. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
Лекция 18. Заключительная лекция

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**  
(4 семестр)

1. Интерферометр Майкельсона. Оптическая схема. Юстировка оптической схемы. Различные настройки интерферометра, настройка на полосы конечной ширины.
2. Модификация Тваймана – Грина интерферометра Майкельсона для проверки качества поверхности оптических деталей.
3. Производственный контроль оптических поверхностей пробным стеклом.
4. Измерение показателя преломления прозрачного материала (стекла) с помощью микроскопа.
5. Дифракция Фраунгофера на различных типах экранов.
6. Изучение дифракционной решётки.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

### **(4 семестр)**

1. Основы Фурье оптики. Преобразование Фурье. Практические вычисления интегралов Фурье, необходимые в дальнейшем изложении.
2. Корреляционная функция. Теорема Винера-Хинчина.

### **(5 семестр)**

1. Расчёт параметров интерференционной картины для различных настроек интерферометра Майкельсона и интерферометра Юнга.
2. Задачи, связанные с многолучевой интерференцией и интерферометром Фабри-Перо.
3. Вычисление дифракционных интегралов для некоторых основных типов экранов (щель, круглая апертура).
4. Преломление на границе раздела прозрачных сред. Исследование формул для стопы Столетова.
5. Выполнение построения Гюйгенса для различных задач, связанных с элементами поляризационной оптики.
6. Анализ состояния поляризации светового пучка. Поляризаторы и фазовые компенсаторы.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Проведение лекционных занятий обеспечено специализированными аудиториями, оборудованными компьютерами и электронными проекторами, что позволяет сопровождать чтение лекций демонстрацией компьютерных слайдов.

В рамках лекционного курса используются также следующие технологии:

Компьютерные симуляции лазерно-индуцированных процессов, лежащих в основе лазерных перспективных технологий.

Применение мультимедиа технологий (проведение лекционных занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);

Технология проблемного обучения (case-study).

При рассмотрении вопросов практического применения, рассмотренного теоретического материала, используется диалог со студентами на предмет возможных способов решения поставленной задачи.

Встречи с учеными и специалистами, работающими в направлении развития и использования перспективных лазерных технологий.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

*а) вопросы рейтинг-контроля:  
в 4 семестре:*

### Рейтинг-контроль 1

1. Запишите уравнение для плоской монохроматической волны, распространяющейся в направлении орта  $\vec{n}$ .
2. Запишите уравнение для плоской линейно – поляризованной монохроматической волны, распространяющейся в направлении оси  $z$  (одномерный случай).
3. Запишите уравнение для плоской монохроматической волны, поляризованной по кругу и распространяющейся в направлении оси  $z$  (одномерный случай).
4. Какой параметр электромагнитного поля доступен для экспериментального определения в случае оптического диапазона длин волн?
5. Каково условие квазимонохроматичности в частотной области и как его можно трактовать во временной области?
6. Изобразите пространственное распределение векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в линейно – поляризованной волне, распространяющейся вдоль оси  $z$ .
7. Сформулируйте принцип суперпозиции для электромагнитных волн оптического диапазона.
8. Электромагнитная волна в вакууме является поперечной. Как Вы это понимаете?
9. Что такое кривая видности человеческого глаза?
10. При выполнении каких условий волновой фронт лазерного гауссова пучка может считаться плоским? Ответ поясните.
11. При выполнении каких условий волновой фронт лазерного гауссова пучка может считаться сферическим? Ответ поясните.

### Рейтинг-контроль 2

12. Изобразите на сфере Пуанкаре точку, соответствующую поляризованной по левому эллипсу волне с отношением ортогональных амплитуд  $a_1/a_2 = 3$  и сдвигом фаз между ними  $\delta = \pi/6$ . Принять  $S_0 = 1$ .
13. Изобразите на сфере Пуанкаре точку, соответствующую поляризованной по правому эллипсу волне с отношением ортогональных амплитуд  $a_1/a_2 = 2$  и сдвигом фаз между ними  $\delta = \pi/4$ . Принять  $S_0 = 1$ .
14. Изобразите на сфере Пуанкаре точку, соответствующую линейно – поляризованной волне единичной интенсивности ( $S_0 = 1$ ), вектор  $\vec{E}$  которой наклонен под углом  $135^\circ$  к оси абсцисс.
15. Вычислите параметры Стокса для плоской волны, поляризованной по правому кругу. Принять  $S_0 = 1$ .
16. Вычислите параметры Стокса для плоской волны, поляризованной по левому кругу. Принять  $S_0 = 1$ .
17. Светимостью  $K$  [лм/м<sup>2</sup>] назовем полный световой поток, посылаемый единицей светящейся поверхности в одну сторону, т.е в телесный угол  $\Omega = 2\pi$ . Найти выражение для  $K$ , если источник подчиняется закону Ламберта и имеет яркость  $B_v = B$  и не зависящую от угла наблюдения.
18. Вычислите параметры Стокса для плоской волны, линейно - поляризованной под углом  $\pi/3$  к горизонтальной оси. Принять  $S_0 = 1$ .
19. Изобразите на сфере Пуанкаре точку, соответствующую поляризованной по правому эллипсу волне с отношением малой и большой осей  $b/a = 1/2$  и углом между большой осью эллипса и осью абсцисс, равным  $\pi/4$ . Принять  $S_0 = 1$ .
20. Изобразите на сфере Пуанкаре точку, соответствующую поляризованной по левому эллипсу волне с отношением малой и большой осей  $b/a = 1/2$  и углом между большой осью эллипса и осью абсцисс, равным  $\pi/3$ . Принять  $S_0 = 1$ .

21. Изобразите на сфере Пуанкаре точку, соответствующую поляризованной по левому эллипсу волне с отношением малой и большой осей  $1/3$  и углом между большой осью эллипса и осью абсцисс, равным  $\pi/6$ . Принять  $S_0 = 1$ .

22. В центре шара находится точечный источник света, имеющий силу света 1 кандела. Найдите освещенность поверхности (в [лк]), если радиус шара равен 0.5 м.

### Рейтинг-контроль 3

1. Изобразите классическую атомную модель Томсона и запишите уравнение колебаний оптического электрона.
2. Сформулируйте условия излучения движущимся зарядом.
3. Как быстро изменяется в пространстве переменное электрическое поле, излучаемое диполем, по сравнению с постоянным полем зарядов, его составляющих?
4. Излучает ли диполь в направлении, перпендикулярном направлению колебаний? Ответ обоснуйте.
5. Излучает ли диполь в направлении, коллинеарном направлению колебаний? Ответ обоснуйте.
6. При выполнении каких условий справедливы следующие выражения для полей, излучаемых диполем  $\vec{E} = \frac{1}{c^2 r} [\ddot{\vec{n}}, [\vec{n}, \ddot{\vec{p}}(t-r/c)]]$ ,  $\vec{H} = -\frac{1}{c^2 r} [\ddot{\vec{n}}, \ddot{\vec{p}}(t-r/c)]$ ?
7. Покажите, что вектора  $\vec{n}$  (орт в направлении наблюдения),  $\vec{E}$  (электрическое поле) и  $\vec{H}$  (магнитное поле) для классического осциллятора составляют правую тройку.
8. Является ли атомный диполь высокодобротной/ низкодобротной системой? Ответ обоснуйте.
9. Чему равно среднее по электрическому полю для ансамбля независимых осцилляторов? Какова средняя интенсивность для того же ансамбля?
10. Какие физические механизмы приводят к уширению спектральных линий?

### **в 5 семестре:**

### Рейтинг-контроль 1

11. Запишите выражение для естественно - уширенной линии.
12. Чем определяется спектральная ширина на половине высоты для естественно - уширенной линии?
13. Сравните по порядку величины естественную и доплеровскую ширины линий для одного и того же атома.
14. Возможно ли экспериментально наблюдать естественно - уширенный контур линии?
15. Какова физическая природа столкновительного уширения?
16. Какой вид имеет кривая резонансного поглощения?
17. Сформулируйте основное отличие однородного уширения от неоднородного.
18. Покажите, что ортогонально - поляризованные световые волны не интерферируют.
19. Каковы условия осуществления стационарной интерференционной картины?
20. В интерферометре Майкельсона в силу технологических погрешностей не удалось изготовить светоделитель с  $R = T = 1/2$ . Реально  $R = 0.59$ . Как изменится вид интерференционной картинке по сравнению с идеальным теоретическим случаем?
21. Что означает фраза: «Интерферометр настроен на бесконечно широкую полосу полосы конечной ширины?».

### Рейтинг-контроль 2

1. На тонкую пленку ( $n = 1,33$ ) падает параллельный пучок белого света. Угол падения  $\varphi = 52^\circ$ . При какой толщине пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый цвет ( $\lambda = 0,60 \text{ мкм}$ )?

2. Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления  $n = 1,33$ , при которой свет с длиной волны  $\lambda_1 = 0,64 \text{ мкм}$  испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны  $\lambda_2 = 0,40 \text{ мкм}$  не отражается совсем. Угол падения света равен  $30^\circ$ .



3. Для уменьшения потерь света из-за отражения от поверхности стекла стекло покрывают тонким слоем вещества с показателем преломления  $n' \approx \sqrt{n}$ , где  $n$  - показатель преломления стекла. В этом случае амплитуды световых колебаний, отраженных от обеих поверхностей такого слоя, будут одинаковыми. При какой толщине этого слоя отражательная способность стекла в направлении нормали будет равна нулю для света с длиной волны  $\lambda$ ?

4. Свет с длиной волны  $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$  падает нормально на поверхность стеклянного клина. В отраженном свете наблюдают систему интерференционных полос, причем расстояние между соседними темными полосами  $\Delta x = 0,21 \text{ мм}$ . Определить угол между гранями клина.

5. Если в схеме интерферометра Майкельсона зеркало, расположенное в правом плече, движется также вправо, то интерференционные полосы в поле зрения смещаются вправо или влево (ненужное зачеркнуть). Почему?

6. Интерферометр Майкельсона освещается сферической монохроматической волной. Изобразите (качественно) вид интерференционной картины, наблюдаемой на выходе интерферометра.

7. Оцените максимальное расстояние, на которое можно перемещать зеркало в метрологическом интерферометре Майкельсона, если он освещается специализированным  $\text{He-Ne}$  лазером ( $\lambda = 632,8 \text{ нм}$ ) излучающим две продольных моды - ширина спектра излучения  $\delta\nu = 100 \text{ МГц}$ .

8. Покажите, что площади зон Френеля (по крайней мере для 0-ой, 1-ой, ... m-й) практически равны. Указание: площадь сферического сегмента дается формулой  $S = 2\pi r h$ ; где  $r$  - радиус сферы,  $h$  - высота сегмента.

9. На рисунке показана схема рефрактометра - прибора для измерения показателя преломления прозрачных сред. Здесь  $S$  - узкая щель, освещаемая светом с длиной волны  $\lambda = 0,589 \text{ мкм}$ , 1 и 2 - кюветы длиной  $l = 10,0 \text{ см}$ . Пройдя диафрагму  $D$  с двумя щелями, свет интерферирует на экране  $\mathcal{E}$ . В начале в обеих кюветках находится воздух с показателем преломления  $n = 1,000277$ . После замены воздуха в трубке 1 аммиаком картина сместилась вверх по экрану на  $N = 17$  полос. Определить показатель преломления аммиака.

10. В интерферометре Майкельсона при поступательном движении одного из зеркал видимость интерференционной картины при его освещении желтым дублетом натрия ( $\lambda_1 = 5890 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_2 = 5896 \text{ \AA}$ ) периодически уменьшалась до 0. Объяснить физическую природу эффекта и найти перемещение зеркала между двумя последовательными исчезновениями интерференционной картины.

11. Для интерферометра Фабри - Перо с базой  $d = 2,5 \text{ см}$  определить: а) максимальный порядок интерференции для света с длиной волны  $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ ; б) область свободной дисперсии для той же длины волны.

12. Интерферометр Фабри - Перо освещается гауссовым пучком  $\text{He-Ne}$  лазера, причем сам интерферометр находится в дальней зоне пучка. Будет ли наблюдаться характерная интерференционная картина в виде колец? Ответ обоснуйте.

### Рейтинг-контроль 3

13. На дифракционную решетку падает нормально волна с длиной волны  $\lambda_1 = 0,65 \text{ мкм}$ . При этом угол дифракции во втором порядке  $\varphi_{II} = 45^\circ$ . Определить угол дифракции  $\varphi_{III}$  в третьем порядке для длины волны  $\lambda_2 = 0,5 \text{ мкм}$ .

14. При нормальном падении света на дифракционную решетку оказалось, что под углом  $\varphi = 35^\circ$  дифрагируют волны с  $\lambda_1 = 0,63 \text{ мкм}$  и  $\lambda_2 = 0,42 \text{ мкм}$ , причем для второй волны максимальный порядок в спектре  $m = 5$ . Определить период решетки.

15. Определить длину волны  $\lambda$  монохроматического света, нормально падающего на решетку с периодом  $d = 2.2 \mu\text{m}$ , если угол  $\Delta\varphi$  между направлениями на максимумы первого и второго порядков составляет  $15^\circ$ .

16. Свет с длиной волны  $\lambda = 0.53 \mu\text{m}$  нормально падает на решетку, период которой  $d = 1.5 \mu\text{m}$ . Определить угол  $\varphi$  с нормалью к решетке, под которым образуется максимум наибольшего порядка.

17. Свет с длиной волны  $\lambda = 0.53 \mu\text{m}$  под углом  $\vartheta = 60^\circ$  падает на решетку, период которой  $d = 1.5 \mu\text{m}$ . Определить угол  $\varphi$  с нормалью к решетке, под которым образуется максимум наибольшего порядка.

18. В фокальной плоскости спектрографа был получен спектр желтого дублета натрия с использованием двух различных решеток (см. рисунок). Как соотносятся параметры решетки  $n_1$  и  $n_2$ ,  $N_1$  и  $N_2$  (ответ в терминах  $<$ ,  $>$ ,  $=$ )?

19. Определить длину волны спектральной линии, изображение которой, даваемое дифракционной решеткой в спектре третьего порядка, совпадает с изображением линии  $\lambda = 486.1 \text{ нм}$  в спектре четвертого порядка.

20. Сформулируйте краевые условия Кирхгофа для дифракционной задачи. В чем смысл «оптического приближения»?

21. Какую разрешающую силу должен иметь спектральный аппарат для разрешения желтого дублета натрия ( $\lambda_1 = 589.0 \text{ нм}$ ,  $\lambda_2 = 589.6 \text{ нм}$ ). Каково должно быть при этом минимальное число штрихов  $N_{\text{min}}$  у дифракционной решетки, работающей в первом порядке, чтоб она разрешала этот дублет?

22. Изменяется ли разрешающая сила дифракционной решетки при изменении угла падения света на эту решетку? (Ответ пояснить).

23. Сформулируйте преимущества фазовых отражательных решеток (эшелеттов) в сравнении с амплитудными решетками, работающими на пропускание?

24. Вы получаете голограмму маленького зеркально – отражающего шарика в схеме Лейта – Упатникса. Нарисуйте качественно вид почернения фотоэмульсии.

#### **б) вопросы к экзамену**

##### **в 4 семестре:**

1. Уравнения Максвелла (общий случай и в вакууме).
2. Волновое уравнение. Вывод из уравнений Максвелла.
3. Гармонические волны. Уравнения волн: плоская, сферическая.
4. Электромагнитная природа световых волн и ее экспериментальное подтверждение в опытах Герца.
5. Излучение реальных источников. Модулированные волны. Случайно – модулированные волны.
6. Гауссов пучок, как важнейший тип лазерных пучков. Свойства гауссовых пучков.
7. Спектральное разложение в оптике. Принцип суперпозиции.
8. Поляризация света. Поперечность световой волны в свободном пространстве.
9. Состояния поляризации плоской монохроматической волны. Эллиптическая, круговая, линейная поляризации.
10. Параметры Стокса.
11. Сфера Пуанкаре.
12. Поток энергии в световой волне. Интенсивность света.
13. Энергия, мощность, интенсивность световых пучков и импульсов.
14. Основные понятия фотометрии.
15. Атом как элементарный источник света.
16. Решение задачи об излучении классического атома/ диполя.
17. Гармонические колебания диполя. Полная мощность излучения диполя.
18. Радиационное затухание.

19. Излучение ансамбля осцилляторов. Спектр излучения.
20. Уширение спектральных линий: естественное, доплеровское и столкновительное уширение.
21. Понятие однородного и неоднородного уширения.
21. Линейный осциллятор в поле световой волны. Поглощение света осциллятором.
22. Поглощение света ансамблем осцилляторов. Закон Бугера.
23. Интерференция света. Опыт Юнга как первый интерференционный эксперимент.
24. Условие возникновения интерференционной картины.
25. Интерферометр Майкельсона. Интерференция монохроматических волн в интерферометре Майкельсона. Настройки интерферометра.
26. Полосы равного наклона и полосы равной толщины.
27. Интерференция немонохроматического света.
28. Понятие видности интерференционной картины.
29. Интерференция случайной световой волны.
30. Интерференция света от протяженного источника.
31. Понятие временной и пространственной когерентности света.
32. Многолучевая интерференция.
33. Интерферометр Фабри – Перо. Формула Эйри и ее исследование для проходящего света.
34. Дифракция света. Роль дифракционных эффектов в оптике.
35. Принцип Гюйгенса – Френеля. Зоны Френеля. Дифракционный интеграл Френеля.
36. Принцип Бабиня. Дополнительные экраны.
36. Расходимость световых пучков в свете дифракционной теории.
37. Дифракционная оценка минимального размера пучка в фокусе.
38. Количественное решение дифракционной задачи. Интегральная теорема Кирхгофа.
39. Граничные условия Кирхгофа. Дифракционный интеграл Кирхгофа – Гельмгольца.
40. Дифракция на периодических структурах. Основные типы решеток.

**в 5 семестре:**

1. Прямоугольная амплитудная решетка.
2. Спектральное описание пространственной структуры светового поля.
3. Линза – оптический элемент, выполняющий преобразование Фурье.
4. Теория формирования оптического изображения по Аббе.
5. Дифракция Фраунгофера, как пространственное Фурье – преобразование.
6. Разрешающая сила оптических приборов.
7. Граничные условия для поля на границе раздела.
8. Геометрия отражения и преломления.
9. Формулы Френеля. Угол Брюстера.
10. Фазовые соотношения на границе раздела сред.
11. Отражение света при нормальном падении на границу раздела. Стоячие волны.
12. Просветление оптики и диэлектрические зеркала.
13. Полное внутренне отражение. Исследование преломленной волны. Исследование отраженной волны.
14. Описание явлений на границе металлической поверхности.
15. Модель сплошной среды. Уравнения Максвелла для сплошной среды.
16. Классическая Лоренцевская/ осцилляторная модель среды.
17. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде.
18. Нормальная и аномальная дисперсия.
19. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Фазовая и групповая скорости света. Формула Рэлея.
20. Структура световой волны в анизотропном кристалле.

21. Материальное уравнение анизотропной среды. Тензор оптической восприимчивости.
22. Классификация кристаллических сред.
23. Собственные состояния поляризации световой волны в анизотропной среде.
24. Вычисление скорости распространения необыкновенной волны в одноосном кристалле.
25. Двойное лучепреломление на границе с анизотропной средой. Построение Гюйгенса.
26. Получение поляризованного света. (поляризационные призмы).
27. Анализ поляризованного света. (кристаллические пластины и компенсаторы).
28. Искусственная анизотропия. (эффекты Керра и Погкельса).
29. Френелевская теория оптической активности.
30. Магнитное вращение плоскости поляризации (эффект Фарадея). Оптический вентиль.
31. Задача рассеяния света микрочастицами (Эффект Тиндаля). Задача Ми.
32. Молекулярное (Рэлеевское) рассеяние света.
33. Комбинационное и мандельштам - бриллюэновское рассеяние света.
34. Спектроскопия комбинационного рассеяния света.

***в) вопросы к самостоятельной работе студента:***

***по 4 семестру:***

1. Принцип суперпозиции в оптике гласит, что...;
2. Волновой фронт – это ...;
3. Плоская монохроматическая волна – это волна у которой ...;
4. Сферическая монохроматическая волна – это волна у которой ...;
5. Уравнение для плоской монохроматической волны имеет вид: ...;
6. В свободном пространстве электромагнитная волна поперечна. Что это означает?
7. Правая поляризация соответствует волне, для которой при распространении от источника к наблюдателю ...;
8. Наиболее общий вид поляризации светового пучка .... Он характеризуется следующими параметрами...;
9. Круговая (циркулярная) поляризация является частным видом поляризации эллиптической и характеризуется ...;
10. Линейная поляризация представляет собой простейший случай поляризационного состояния, при котором ...;
11. В оптике основные величины, характеризующие световое поле в теоретическом описании – это ...;
12. В оптике основной величиной, характеризующей световое поле в эксперименте, является ...;
13. Интенсивность светового поля – это ...;
14. Кривая видности человеческого глаза определяет его чувствительность к различным длинам волн и имеет следующий вид (примерно);
15. Покоящийся или равномерно движущийся заряд не излучает, излучает заряд, ...;
16. Естественная (радиационная) ширина спектральной линии обусловлена ...;
17. Доплеровское уширение спектральной линии обусловлено ...;
18. Столкновительное уширение спектральной линии обусловлено ...;
19. Среднее поле/ средняя интенсивность ансамбля невзаимодействующих осцилляторов равна ...;
20. В дальней зоне гауссов пучок имеет практически ... волновой фронт;
21. В ближней зоне гауссов пучок имеет практически ... волновой фронт;
22. Изобразить схему интерферометра Майкельсона/ Юнга;
23. Условие существования интерференции состоит в том, что ...;
23. Видность интерференционной картины описывается формулой ...;

24. Время когерентности света – это параметр, определяемый следующим образом:
25. Принцип Гюйгенса-Кирхгофа формулируется следующим образом;
26. Число Френеля является важнейшей характеристикой дифракции и показывает.
27. Дифракционная длина  $Z_d$  – это длина  $Z$  при которой ...;
28. Граничные условия Кирхгофа являются приближительными. Они дают правильный результат только в случае;

*по 5 семестру:*

1. Дать определение понятия "дальняя" зона в дифракционной теории.
2. Дать определение понятия "ближняя" зона в дифракционной теории.
3. Дать определение понятия "угловая дисперсия дифракционной решётки.
4. Дать определение понятия "разрешающая способность (сила) дифракционной решётки.
5. Чем определяется разрешающая способность микроскопа?
6. Чем определяется разрешающая способность телескопа?
7. Линейная оптическая среда – это среда, для которой ...
8. Дисперсия оптической среды – это ...
9. Дать определение понятия «фазовая скорости света».
10. Дать определение понятия «групповая скорости света».
11. Дать определение понятия "нормальная" дисперсия.
12. Дать определение понятия "аномальная" дисперсия.
13. Сформулируйте граничные условия для тангенциальной компоненты вектора  $\vec{E}$  на плоской границе раздела двух сред.
14. Сформулируйте граничные условия для нормальной компоненты вектора  $\vec{D}$  на плоской границе раздела двух сред.
15. Понятие "угол Брюстера".
16. Понятие "полное внутреннее отражение".
17. Дать определение понятий "изотропная" и "анизотропная" среда.
18. Оптическая ось кристалла – это .....
19. Главная плоскость в анизотропной среде – это ....
20. Дать определение понятий одноосного и двуосного кристалла.
21. Обыкновенная волна в одноосном кристалле – это ....
22. Необыкновенная волна в одноосном кристалле – это.....
23. Изобразить на рисунке взаимную ориентацию векторов  $\vec{E}$ ,  $\vec{D}$ ,  $\vec{k}$ , и  $\vec{S}$  в обыкновенной и необыкновенной волне.
24. Что такое «поляризатор»? Приведите примеры физической реализации данного оптического устройства.
25. Что такое «Четверть/ полуволновая пластинка»? Приведите примеры физической реализации данного оптического устройства.
26. Что такое «эффект Фарадея»?
27. Дайте определение понятия "упругое" рассеяние света.
28. Дайте определение понятия "неупругое" рассеяние света.
29. Принципы формирования изображений.
30. Принцип Гюйгенса в формулировке Кирхгофа. Дифракция частично когерентного света.
31. Представление о голографии. Методы создания голографических изображений.
32. Механизм магнитного вращения плоскости поляризации.
33. Классическая теория излучения и поглощения.
34. Комбинационное рассеяние света

### **Темы курсовых работ и задания:**

#### **Тема 1. Основные физические закономерности и практическое использование отражения и преломления плоских волн.**

##### *Задание*

- 1) каковы основные свойства и характеристики электромагнитных волн;
- 2) как получаются законы отражения и прохождения плоских электромагнитных волн для плоской границы раздела диэлектрических сред;
- 3) вывести формулы Френеля;
- 4) рассмотреть эффекты, связанные с распределением энергии поля падающей на плоскую границу раздела волны и поляризационные эффекты;
- 5) какие устройства могут быть созданы для использования исследуемых эффектов на практике.

#### **Тема 2. Распространение ТЕ-волн в слоистых средах.**

##### *Задание*

- 1) каковы основные свойства и характеристики электромагнитных волн;
- 2) как получены основные дифференциальные уравнения, описывающие законы, определяющие взаимодействие плоских электромагнитных волн на плоских границах раздела диэлектрических сред;
- 3) как выводятся выражения для элементов характеристической матрицы слоистой среды;
- 4) получить выражения для амплитуд отраженной и прошедшей сквозь слоистую среду волн;
- 5) какие устройства могут быть созданы на основе исследуемых эффектов на практике.

#### **Тема 3. Распространение ТМ - волн в слоистых средах.**

##### *Задание*

- 1) каковы основные свойства электромагнитного поля, методы описания и анализа этих полей;
- 2) как получены основные дифференциальные уравнения, описывающие законы, определяющие взаимодействие плоских электромагнитных волн на плоских границах раздела диэлектрических сред;
- 3) как выводятся выражения для элементов характеристической матрицы слоистой среды;
- 4) получить выражения для амплитуд отраженной и прошедшей сквозь слоистую среду волн;
- 5) какие устройства созданы для использования исследуемых эффектов на практике.

#### **Тема 4. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Распространение плоских волн в кристаллических средах.**

##### *Задание*

- 1) какие среды называются анизотропными, какова их классификация и характеристики;
- 2) какие существуют методы анализа волн в анизотропных средах;
- 3) рассмотреть различные варианты получения дисперсионных уравнений;
- 4) как получено уравнение Френеля для анизотропных и негиротропных кристаллов;
- 5) дать качественный анализ полученных выражений.

#### **Тема 5. Оптические свойства кристаллов.**

##### *Задание*

- 1) какие среды называются анизотропными, какова их классификация и характеристики;
- 2) какие существуют методы анализа волн в анизотропных средах;
- 3) рассмотреть различные варианты получения дисперсионных уравнений, в том числе, и для одноосных кристаллов;
- 4) как получено уравнение Френеля для одноосных кристаллов;
- 5) дать качественный анализ полученных выражений.

#### **Тема 6. Основы геометрической оптики. Приближение очень коротких волн.**

##### *Задание*

- 1) в чем состоит приближение геометрической оптики;

- 2) как получено уравнение эйконала, уравнение переноса, в чем состоит их физический смысл;
- 3) получить формулы для интенсивности в рамках геометрической оптики;
- 4) сформулировать границы применимости геометрической оптики;

**Тема 7. Интерференция двух монохроматических волн. Стоячие волны.**

*Задание*

- 1) в чем состоит сущность явления интерференции;
- 2) проанализировать интерференцию двух монохроматических волн; привести примеры, демонстрирующие явление интерференции;
- 3) изучить методы измерения длины волны и угловых размеров, основанные на явлении интерференции;
- 4) дать определение стоячих волн, сформулировать их физические особенности.

**Тема 8. Применение импедансных граничных условий для анализа отражения электромагнитных волн от проводящих поверхностей.**

*Задание*

- 1) ознакомиться с различными способами формулировки граничных условий в электродинамике;
- 2) изучить поведение преломленного поля в среде с большой проводимостью и убедиться, что поле носит характер плоской волны, распространяющейся нормально к границе раздела;
- 3) как получается выражение приближенного граничного условия Леонтовича-Щукина, в чем состоит приближение;
- 4) проанализировать, в каких случаях целесообразно применять импедансные граничные условия.

**Тема 9. Явление дисперсии электромагнитных волн в диэлектриках.**

*Задание*

- 1) как получаются уравнения электромагнитного поля для сред с дисперсией;
- 2) для определения зависимости диэлектрической проницаемости от частоты (закона дисперсии) изучить решение задачи о взаимодействии электромагнитной волны с имеющимися в среде зарядами на примере простейшей модели диэлектрика – совокупности нейтральных молекул;
- 3) проанализировать решение уравнения движения электронов в молекуле с целью определения вектора объемной плотности поляризации (поляризуемости), найти их смещение как функцию поля;
- 4) как зависят показатель преломления и коэффициент поглощения от частоты.

**Тема 10. Распространение волн в средах с учетом пространственной дисперсии (изотропные гиротропные среды).**

*Задание*

- 1) как получаются уравнения электромагнитного поля для сред с дисперсией;
- 2) записать материальные уравнения при условии нелокальности связи между векторами напряженности электрического поля и электрической индукции;
- 3) проанализировать зависимость частоты от волнового вектора в простейшем случае слабой пространственной дисперсии;
- 4) как формулируется закон изменения тензора диэлектрической проницаемости от волнового вектора.

**Тема 11. Распространение волн в средах с учетом пространственной дисперсии (негиротропные среды).**

*Задание*

- 1) как получаются уравнения электромагнитного поля для сред с дисперсией;
- 2) записать материальные уравнения при условии нелокальности связи между векторами напряженности электрического поля и электрической индукции;
- 3) проанализировать зависимость частоты от волнового вектора в простейшем случае слабой пространственной дисперсии;

4) как формулируется закон изменения тензора диэлектрической проницаемости от волнового вектора.

#### **Тема 12. Волны в диспергирующих средах.**

##### *Задание*

- 1) дать общую характеристику волновых процессов в диспергирующих средах;
- 2) исследовать свойства волнового пакета в диспергирующей среде;
- 3) рассмотреть области нормальной и аномальной дисперсии;
- 4) дать качественный анализ полученных выражений.

#### **Тема 13. Материальные уравнения электромагнитного поля в средах с дисперсией.**

##### *Задание*

- 1) рассмотреть общую характеристику волновых процессов в средах с дисперсией;
- 2) дать формулировку материальных уравнений в диспергирующих средах;
- 3) исследовать свойства диэлектрической проницаемости при  $\omega \rightarrow \infty$ ;
- 4) выявить физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости.

#### **Тема 14. Связь между дисперсией и поглощением.**

##### *Задание*

- 1) дать общую характеристику волновых процессов в средах с дисперсией;
- 2) получить связь между дисперсией и поглощением;
- 3) вывести соотношения Крамерса-Кронига;
- 4) дать качественный анализ полученных выражений.

#### **Тема 15. Дисперсия электромагнитных волн в диэлектриках.**

##### *Задание*

- 1) дать общее определение дисперсии электромагнитных волн;
- 2) рассмотреть явление дисперсии электромагнитных волн в неполярных и полярных диэлектриках;
- 3) провести качественный анализ и дать физическую интерпретацию полученных соотношений.

#### **Тема 16. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах.**

##### *Задание*

- 1) дать определение понятия анизотропии, записать материальные уравнения для таких сред;
- 2) описать общие закономерности распространения электромагнитных волн в анизотропных средах, проанализировать особенности их распространения;
- 3) привести примеры анизотропных сред, встречающихся на практике и проиллюстрировать важность учета явления анизотропии при рассмотрении различных явлений электродинамики.

#### **Тема 17. Распространение плоских волн в кристаллических средах.**

##### *Задание*

- 1) дать общее определение анизотропных сред, записать материальные уравнения для таких сред;
- 2) дать определение кристаллических сред;
- 3) описать особенности распространения плоских волн в кристаллах, вывести уравнение Френеля;
- 4) пояснить понятие "нормальные волны";
- 5) исследовать оптические свойства кристаллов, определить физический смысл понятий «обыкновенная» и «необыкновенная» волны.

#### **Тема 18. Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в постоянном магнитном поле.**

##### *Задание*

- 1) дать определение магнитоактивных сред;
- 2) исследовать свойства магнитоактивной плазмы в высокочастотном приближении;
- 3) найти тензор диэлектрической проницаемости магнитоактивной среды, резонансные явления;



4) определить тензор диэлектрической проницаемости магнитоактивной среды с учетом потерь.

**Тема 19\*. Электромагнитные волны в сверхпроводниках.**

*Задание*

- 1) записать и дать физическое объяснение уравнению Лондонов;
- 2) ознакомиться и записать основные соотношения, характеризующие высокочастотные свойства сверхпроводников;
- 3) описать механизм сверхпроводимости.

**Тема 20\*. Распространение импульсов в средах с частотной дисперсией.**

*Задание*

- 1) ознакомиться с основными свойствами электромагнитных импульсов;
- 2) показать, как представляется импульс через парциальные волны;
- 3) проанализировать распространение импульсов в среде с дисперсией;
- 4) получить напряженность поля для узкополосного сигнала и слабой дисперсии, рассчитать групповую скорость.

**Тема 21. Представление поляризации с помощью комплексных векторов.**

*Задание*

- 1) записать основные определения и соотношения;
- 2) представить эллиптически поляризованную волну в виде суперпозиции трех эллиптически поляризованных волн, распространяющихся вдоль координатных осей;
- 3) представить поляризационный эллипс геометрическим методом.

**Тема 22. Частично поляризованные волны.**

*Задание*

- 1) изучить общие сведения и определения;
- 2) записать представление частично поляризованных волн в линейном базисе;
- 3) объяснить, какие случаи являются предельными для частично поляризованных волн;
- 4) нарисовать поляризационную диаграмму частично поляризованного оптического сигнала.

**Тема 23. Волны у границы раздела двух сред.**

*Задание*

- 1) изучить отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела, получить формулы Френеля;
- 2) сформулировать граничные условия Леонтовича;
- 3) исследовать явление скин-эффекта у плоской границы проводника;
- 4) что собой представляет электромагнитный экран, изучить его характеристики и назначение.

**Тема 24. Волновая теория и законы геометрической оптики для описания электромагнитного поля.**

*Задание*

- 1) сформулировать основные положения волновой теории электромагнитного поля;
- 2) в чем состоит принцип Гюйгенса – Френеля;
- 3) как формулируется основное уравнение и законы геометрической оптики;
- 4) как осуществляется переход от волновой теории поля к законам геометрической оптики;
- 5) сформулировать принципы приближенного решения дифракционных задач.

**Тема 25. Монохроматические и немонахроматические волны.**

*Задание*

- 1) дать определение плоской волны, каковы ее основные характеристики;
- 2) как преобразуется частота и волновой вектор при переходе в другую систему отсчета; сформулировать эффект Доплера;
- 3) привести представление реальных немонахроматических волн в виде интеграла Фурье; дать определение аналитического сигнала и определить его основные характеристики;

4) сформулировать представление немонохроматического поля в виде синусоидальной волны с медленно меняющейся амплитудой.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Оптика в ключевых задачах / Паршаков А.Н. - Долгопрудный:Интеллект, 2016. - 256 с.: ISBN 978-5-91559-212-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/553175>
2. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: Учеб. пос. / С.И.Кузнецов, А.М.Лидер - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузов. учеб.: НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 212 с.: 60x90 1/16.(п) ISBN 978-5-9558-0350-0,
3. Варданын, В. А. Физические основы оптики [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Варданын. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. — 235 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40554.html>.
4. Оптика: лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие, - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, 2017. - 224 с.: ISBN 978-5-9765-3066-9 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/959401>

б) дополнительная литература:

1. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 231 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9558-0332-6,
2. Колебания, волны, оптика/СаринаМ.П. - Новосиб.: НГТУ, 2015. - 116 с.: ISBN 978-5-7782-2697-5
3. Иродов, И.Е. Волновые процессы. Основные законы[Электронный ресурс] / И.Е. Иродов.—7-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 265 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.—Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". - ISBN 978-5-9963-2738-6.

в) периодические издания:

1. Квантовая электроника: <http://www.quantum-electron.ru>
2. Успехи физических наук: <http://ufn.ru>
3. Журнал технической физики и Письма в ЖТФ: <http://journals.ioffe.ru/pjtf>

в) интернет-ресурсы:

1. <http://www.laser.ru>
2. <http://www.cislaser.com>
3. <https://www.comsol.ru/events/>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Преподавание дисциплины предусматривает применение мультимедийных презентаций и компьютерных симуляций, что обеспечивается проведением занятий в оборудованных мультимедийным оборудованием аудиториях кафедры ФиПМ. Для обеспечения проведения практических работ имеются компьютерные классы кафедры ФиПМ, а для проведения лабораторных работ.

Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии.

Рабочую программу составил профессор кафедры ФиПМ О.Я. Бутковский  
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя)

ФКП "ГАИР Радуга"

Алимов А.А. нач. ИИИКО-2  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
Протокол № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии.

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Председатель комиссии

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_