

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

Венгелов



Рабочая программа дисциплины

ОПТИКА

Направление подготовки бакалавриата  
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии в системах связи

Профиль подготовки бакалавриата  
"Инфокоммуникационные технологии в системах радиосвязи"

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Березин К.В.		14.09.2021
Председатель НМК	Скрипаль А.В.		17.09.2021
Заведующий кафедрой	Тучин В.В.		14.09.2021.
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «Оптика» состоят в обеспечении студентов знаниями и навыками в области математических и естественно-научных знаний, связанных с одним из основных разделов физики - оптики, выработке практических навыков решения физических задач в области физической и технической оптики, в развитии у обучающихся понимания роли фундаментальных законов физики как основы для описания и анализа природы разнообразных явлений окружающего мира, в формировании у обучающихся фундаментальных физических представлений для выработки способностей к самостоятельным методам научного исследования и мышления, в получении высшего профессионально профилированного образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности в РФ и за рубежом, обладать универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями, способствующими его социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина Б1.О.34 «Оптика» относится к обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули). Преподавание дисциплины осуществляется в 4 семестре. Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой физико-математической подготовкой, необходима содержательно-методическая взаимосвязь с математическими дисциплинами Б1.О.26 «Математический анализ и теория функций комплексного переменного», Б1.О.27 «Векторный и тензорный анализ», Б1.О.28 «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», Б1.О.29 «Дифференциальные уравнения», Б1.О.30 «Теория вероятностей и математическая статистика», и физическими дисциплинами Б1.О.31 «Механика», Б1.О.32 «Молекулярная физика», Б1.О.33 «Электричество и магнетизм».

Дисциплина «Оптика» по своему содержанию является продолжением учения об электромагнитных волнах, законах их распространений и взаимодействия с веществом.

Студенты должны иметь навыки самостоятельной работы с учебными пособиями и монографической учебной литературой, уметь решать физические задачи, требующие применения дифференциального и интегрального математического аппарата, уметь производить приближенные преобразования аналитических выражений, иметь навыки работы на компьютере с математическими пакетами программ (например, MathCad, MatLab, Mathematica), графическим (например, OriginPro), графическим пакетом для схемных решений (например, CorelDraw) и текстовыми (например, MS Word, MS Excel) редакторами, уметь программировать и использовать численные методы решения физических задач, иметь навыки работы на физических экспериментальных установках, уметь оформлять

результаты экспериментов с использованием графического материала и с оценкой погрешностей измерений.

Знания, полученные при освоении дисциплины «Оптика», необходимы при освоении следующих дисциплин Б1.О.18 «Теория колебаний» и Б1.О.35 «Атомная и ядерная физика», а также ряда специальных дисциплин по волновой физике.

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p><b>ОПК-1.</b> Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p><b>ИД-1ОПК-1</b> Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации <b>ИД-2ОПК-1</b> Умеет применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера <b>ИД-3ОПК-1</b> Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</p>	<p>•<u>Знать</u>: - природу света и свойства оптических волн, фундаментальные оптические явления и законы оптики; - математические методы описания физических явлений в оптике. •<u>Уметь</u>: - использовать математические и вычислительные методы анализа явлений и эффектов в оптике. •<u>Владеть</u>: - математическими и вычислительными методами анализа явлений и эффектов в оптике. •<u>Знать</u>: - оптические явления и методы решения физических задач в оптике; - математические модели волновых явлений в физической оптике; - методы и методологию математического анализа и моделирования физических явлений и эффектов; •<u>Уметь</u>: - решать учебные задачи по основным разделам физической оптики; - использовать математические модели волновых процессов для решения задач физической оптики; - применять физические законы для решения практических задач. •<u>Владеть</u>: - методами решения физических задач в оптике; - методами и методологией математического анализа и моделирования физических явлений и эффектов в оптике.</p>

<p><b>ОПК-2.</b> Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</p>	<p><b>ИД-1ОПК-2</b> Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, обработки и представления результатов <b>ИД-2ОПК-2</b> Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования <b>ИД-3ОПК-2</b> Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</p>	<p>•<b>Знать:</b> - физическую сущность оптических явлений и законов оптики, экспериментальные методы и средства их наблюдения и изучения. •<b>Уметь:</b> - находить и критически анализировать информацию о методах исследования в оптике и их практическом применении. •<b>Владеть:</b> - навыками поиска и анализа информации в области оптики и применения оптических методов исследования для решения практических задач. •<b>Знать:</b> - фундаментальные оптические явления и законы оптики и экспериментальные методы и средства их наблюдения и изучения. •<b>Уметь:</b> - использовать экспериментальные методы и средства для наблюдения и изучения оптических явлений и эффектов. •<b>Владеть:</b> - экспериментальными методами и средствами изучения оптических явлений и эффектов. •<b>Знать:</b> - способы обработки и представления экспериментальных данных в оптике, способы оценки погрешностей измерений в оптике. •<b>Уметь:</b> - анализировать и обрабатывать данные оптических экспериментов с оценкой точности результатов проводимых измерений. •<b>Владеть:</b> - методами и способами обработки данных оптических экспериментов, способами представления данных экспериментов и оценки погрешностей результатов измерений в оптике.</p>
--	---	--

**4. Структура и содержание дисциплины «Оптика»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

**4.1. Структура дисциплины**

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)  Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	СРС	
1	1. Электромагнитные волны оптического диапазона. Поляризация света	4	1,2	4	6	4	6	Блиц опрос. Отчет по лаб. раб.
2	2. Отражение и преломление света	4	3,4	2	6	4	6	Блиц опрос. Отчет по лаб. раб.
3	3. Оптика анизотропных сред. Кристаллооптика	4	5	2	2	2	6	Блиц опрос. Отчет по лаб. раб.
4	4. Интерференция света	4	6-9	8	8	8	12	Блиц опрос. Отчет по лаб. раб.
5	5. Дифракция света	4	10-13	8	8	8	12	Блиц опрос. Отчет по лаб. раб.
6	6. Молекулярная оптика. Нелинейная оптика.	4	14	2	-	2	6	Блиц опрос.
7	7. Оптика движущихся сред	4	16	2	-	2	6	Блиц опрос.
	<b>Итого:</b>			<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>54</b>	<b>Экзамен, Зачет 36</b>

## 4.2. Содержание дисциплины

1.	<u>Введение.</u> Оптика в современной физике. Краткая история развития оптики. Основные разделы оптики.
	<b>1. Электромагнитные волны оптического диапазона. Поляризация света</b>
2.	<u>Электромагнитные волны в однородных, изотропных, не поглощающих, диэлектрических средах.</u> Шкала электромагнитных волн. Оптический диапазон. Источники света. Приемники света. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Уравнение волны. Плоская монохроматическая волна. Основные характеристики колебаний и волн и их физический смысл. (Амплитуда, фаза, частота, круговая частота, волновое число, длина волны, фазовая скорость, фронт волны, волновые поверхности.). Фазовая скорость волны. Сферические волны. Принцип Гюйгенса. Представление волн в комплексной форме. Комплексная амплитуда.
3.	<u>Энергия электромагнитных волн.</u> Плотность потока энергии. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность света. Мощность пучка света.
4.	<u>Поляризация электромагнитной волны.</u> Поперечность электромагнитной волны. Взаимная ориентация волнового вектора, векторов электрического и магнитного полей в плоской волне. Типы поляризации электромагнитных волн. Линейно (плоско) поляризованная волна. Плоскость поляризации. Круговая (циркулярная) и эллиптическая поляризации. Случайная (хаотическая) поляризация волн - естественный свет.
5.	<u>Модулированные волны.</u> Амплитудная, фазовая, частотная модуляции. Разложение по гармоническим составляющим. Волновой цуг конечной длительности. Соотношение между длиной цуга и шириной спектрального интервала. Время и длина когерентности волны. Суперпозиция двух плоских монохроматических волн различной частоты. Биения. Групповая скорость. Формула Рэлея.
6.	<u>Стоячие электромагнитные волны.</u> Уравнение стоячей волны. Узлы и пучности в стоячей волне. Оптический резонатор. <b>Самостоятельно:</b> Регистрация стоячих электромагнитных волн: опыт Винера, цветная фотография Липпмана.
	<b>2. Отражение и преломление света</b>
7.	<u>Отражение и преломление света на плоской границе раздела двух изотропных диэлектриков.</u> Законы отражения и преломления. Формулы Френеля - соотношения амплитуд падающей, отраженной и преломленной волн.
8.	<u>Следствия из формул Френеля.</u> Изменение фазы волны при отражении. Изменение состояния поляризации света при отражении и преломлении. Поляризация отраженного света при отражении под углом Брюстера. Стопа Столетова.
9.	<u>Энергетические коэффициенты отражения и пропускания.</u> Закон сохранения энергии. Коэффициент отражения при произвольном азимуте линейной поляризации. Коэффициент отражения для естественного и циркулярно поляризованного света.

10.	<u>Полное внутреннее отражение.</u> Предельный угол полного внутреннего отражения. Призмы полного внутреннего отражения. Волоконные и планарные световоды. Неоднородная волна вблизи границы раздела сред при полном внутреннем отражении. Изменение состояния поляризации света при полном внутреннем отражении. <b>Самостоятельно:</b> Вывод из формул Френеля выражений для сдвига фазы волны при полном внутреннем отражении. Преобразование линейно поляризованного света в циркулярно поляризованный при полном внутреннем отражении. Параллелепипед Френеля.
11.	<b>Самостоятельно:</b> Отражение света поверхностью металлов. Коэффициент отражения металлов. Глубина проникновения преломленной волны. Изменение состояния поляризации линейно поляризованной волны при отражении поверхностью металлов. Эллипсометрия.
<b>3. Оптика анизотропных сред. Кристаллооптика</b>	
12.	<u>Распространение света в анизотропной среде.</u> Одноосные и двуосные кристаллы. Обыкновенная и необыкновенная волны в кристалле.
13.	Поверхности лучевых скоростей обыкновенной и необыкновенной волн в одноосном кристалле. Преломление света на границе анизотропной среды. Построения Гюйгенса для одноосных кристаллов.
14.	<u>Поляризационные устройства.</u> Кристаллические пластинки $\lambda/4$ и $\lambda/2$ . Поляризационные призмы Николя, Волластона. <b>Самостоятельно:</b> призмы Рошона и Сенармона. Поляроиды. Закон Малюса. Кристаллическая пластина между двумя поляризаторами (поляроидами). Жидкие кристаллы и ЖК экраны.
15.	<u>Индукцированная оптическая анизотропия.</u> Фотоупругость. Электрооптические эффекты Керра и Погкельса.
<b>4. Интерференция света</b>	
16.	<u>Интерференция монохроматических волн точечных источников.</u> Условия образования максимумов и минимумов интенсивности. Интерференционные полосы.
17.	<u>Интерференция немонахроматических волн.</u> Взаимная когерентность волн. Интерферометры. Интерферометры с делением волны по амплитуде и по волновому фронту. Оптический путь, оптическая разность хода. Связь разности фаз волн с их оптической разностью хода. Условия формирования светлых и темных интерференционных полос. Уравнение интерференции немонахроматического света. Степень когерентности и контраст интерференционных полос.
18.	<u>Интерферометры с делением по амплитуде.</u> Интерферометр Майкельсона. Интерферометр Маха-Цендера. <b>Самостоятельно:</b> Кольца Ньютона. Интерферометр Физо. <u>Интерферометры с делением по волновому фронту.</u> Интерферометр Юнга. Период интерференционных полос Юнга. Бипризма Френеля. <b>Самостоятельно:</b> бизеркала Френеля, билинза Бийе, зеркало Ллойда.
19.	<u>Временная когерентность света.</u> Проявление временной когерентности в интерференционном эксперименте. Соотношения между разностью хода и длиной временной когерентности, между временем когерентности и шириной спектрального интервала в интерференционном эксперименте. Предельная разность хода и полное число наблюдаемых интерференционных полос. Интерференция света в тонких пленках. Функция временной когерентности и ее связь со спектром оптического поля. Зависимость контраста интерференционных полос от степени временной когерентности.

20.	<u>Поперечная пространственная когерентность.</u> Роль конечных размеров источника света. Длина (радиус) поперечной когерентности. Проявление ограниченной поперечной когерентности в интерферометре Юнга. Функция и степень поперечной когерентности. Звездный интерферометр Майкельсона и его современные модификации.
21.	<u>Многолучевая интерференция.</u> Интерферометр Фабри-Перо. Распределение интенсивности в интерференционных картинах в проходящем и отраженном свете. Формула Эйри. Применение интерферометра Фабри-Перо в высокоразрешающей спектроскопии. Лазерный резонатор. <b>Самостоятельно факультативно:</b> Интерференционные светофильтры. Многослойные диэлектрические интерференционные зеркала. Просветление поверхностей оптических деталей. Фотография Липпмана в натуральных цветах. Голограммы Денисюка.
<b>5. Дифракция света</b>	
22.	<u>Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.</u> Дифракционный интеграл. Дифракция Френеля на круглом отверстии и круглом экране. Зоны Френеля. Векторные диаграммы. Пятно Пуассона. Амплитудная и фазовая зонные пластинки Френеля. Линза Френеля.
23.	<u>Дифракция Фраунгофера - дифракция дальнего поля, дифракция в параллельных лучах).</u> Дифракция Фраунгофера на щели и на прямоугольном отверстии. Распределение интенсивности в дифракционной картине. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии. Дифракционная расходимость световых пучков. Дифракционный предел разрешения оптических систем.
24.	<u>Дифракционная решетка.</u> Распределение интенсивности в картине дифракции на щелевой амплитудной дифракционной решетке. Фазовые дифракционные решетки. Отражающие дифракционные решетки. Дифракционный спектрограф.
25.	<u>Объемные дифракционные решетки.</u> Дифракция Брегга-Вульфа. Дифракция света на бегущей и стоячей акустических волнах.
26.	<u>Физические принципы оптической голографии.</u> Голографические схемы записи и восстановления оптического волнового поля. Объемные голограммы Денисюка.
<b>6. Молекулярная оптика. Нелинейная оптика.</b>	
27.	<u>Распространения света в среде с дисперсией.</u> Поляризация среды. Уравнение плоской монохроматической волны в поглощающей среде. Закон Бугера. Волновые пакеты. Групповая скорость волны. Формула Рэлея.
28.	<u>Классическая электронная теория дисперсии.</u> Уравнение движения осциллятора во внешнем поле. Дисперсия вдали от линии поглощения. Дисперсия в области линии поглощения - аномальная дисперсия. Дисперсионная кривая и спектральный контур поглощения. <b>Самостоятельно:</b> Экспериментальные методы исследования аномальной дисперсии. Метод скрещенных призм. Интерференционный метод. Метод "крюков" Рождественского.
29.	<u>Эффект вращения направления (плоскости) поляризации при распространении света в веществе.</u> Естественное вращение плоскости поляризации. <b>Самостоятельно:</b> Опыт Френеля. Сахарометрия. Поляриметры. Эффект вращения поляризации в магнитном поле - эффект Фарадея.



30.	<u>Рассеяние света и его закономерности</u> . Индикатриса рассеяния. Поляризация рассеянного света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние. Объяснение цвета зари и неба.
31.	<u>Нелинейная оптика</u> . Генерация второй гармоники. Самофокусировка световых пучков.
<b>7. Оптика движущихся тел</b>	
32.	<b>Самостоятельно:</b> <u>Скорость света и методы ее определения</u> . Астрономические методы Ремера (по спутникам Юпитера) и Брадлея (метод аберраций). Лабораторные методы Физо (метод прерываний) и Фуко (метод вращающегося зеркала). Современные лабораторные методы определения скорости света.
33.	<u>Эффект Доплера в оптике</u> . Проявление эффекта Доплера в спектральных исследованиях (частотный сдвиг спектральных линий излучения звезд, доплеровское уширение спектральных линий). Проявление эффекта Доплера при интерференции и дифракции света. Сдвиг частоты света при дифракции на движущейся дифракционной решетке и на бегущей акустической волне.
34.	<u>Проявление движения среды в интерференционных опытах</u> . Опыт Физо. Эффект и интерферометр Саньяка. Оптический интерференционный гироскоп. Попытка обнаружения движения Земли оптическим методом - опыт Майкельсона.

#### 4.3. Теоретический минимум:

Предусмотрена краткая программа дисциплины, ориентированная на определение и освоение необходимого минимума теоретических знаний по дисциплине «Оптика»:

1. Определения абсолютного и относительного показателей преломления.
2. Законы отражения и преломления.
3. Полное внутреннее отражение. Предельный угол.
4. Понятия плоской и сферической волн. Уравнения плоской и сферической волн.
5. Определение длины волны, частоты, волнового вектора, понятие фазы волны и колебаний.
6. Поперечность электромагнитной волны. Линейно поляризованная волна. Циркулярная и эллиптическая поляризации. Стохастически поляризованный (неполяризованный) свет.
7. Способы получения линейно поляризованного света.
8. Способы получения циркулярно или эллиптически поляризованного света.
9. Стоячая электромагнитная волна. Узлы и пучности.
10. Немонохроматические волны. Спектр световых колебаний. Спектральный диапазон видимого света.
11. Физический смысл формул Френеля. Следствия из формул Френеля.
12. Эффект Брюстера.
13. Понятие оптически анизотропной среды. Оптическая ось в анизотропной среде.
14. Двойное лучепреломление. Обыкновенный и необыкновенный лучи.
15. Пластинки  $\lambda/4$  и  $\lambda/2$ .

16. Поляризационные призмы. Поляроиды. Закон Малюса.
17. Явление интерференции света. Уравнение интерференции монохроматических волн.
18. Оптический путь, оптическая разность хода. Связь разности фаз с оптической разностью хода волн.
19. Условия образования светлых и темных интерференционных полос (условия для разности фаз и для разности хода волн).
20. Интерференционный опыт Юнга.
21. Интерференция света в тонких пленках. Кольца Ньютона.
22. Интерферометры Майкельсона и Маха-Цендера.
23. Явление дифракции света. Принцип Гюйгенса. Принцип Гюйгенса-Френеля.
24. Дифракционная расходимость пучков света.
25. Дифракционная решетка. Уравнение для главных максимумов дифракции света на дифракционной решетке.
26. Спектральные измерения с помощью дифракционной решетки.
27. Явление рассеяния света. Поляризация рассеянного света. Поляризация света неба.
28. Закон Рэлея для рассеянного света. Причина голубой окраски неба и красной зари.
29. Дисперсия света. Дисперсия вещества.
30. Поглощение света. Закон Бугера.
31. Эффект Доплера в оптике.
32. Опыт Майкельсона по определению влияния движения Земли на скорость света.
33. Эффект Саньяка. Интерферометр Саньяка. Оптический интерференционный гироскоп.

## 5. Образовательные технологии

При реализации дисциплины «Оптика» используются следующие виды учебных занятий: лекции, консультации, лабораторные занятия в физическом практикуме, контрольные работы, самостоятельные работы.

В рамках лекционных занятий предусмотрены активные формы учебного процесса: разбор конкретных ситуаций, натурные физические демонстрации и обсуждение наблюдаемых оптических явлений и эффектов, компьютерные демонстрации и симуляции с использованием современных цифровых систем изобразительной техники.

В рамках лабораторных занятий предусмотрены: детальный разбор теоретических и экспериментальных основ изучаемых в рамках лабораторной работы оптических явлений по всем разделам дисциплины, выполнение лабораторных работ по всем основным разделам дисциплины «Оптика». Лабораторные занятия студентов сочетаются с детальным анализом теоретических основ выполняемых лабораторных работ, принципа действия приборов и установок.

На практических занятиях предусмотрены: детальный разбор физических основ тем лекционного курса с решением физических задач по основным разделам содержания дисциплины, выполнение контрольных работ по всем разделам.

### **Особенности образовательных технологий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Выбор методов обучения определяется содержанием дисциплины, уровнем профессиональной подготовки преподавателя, методического и материально-технического обеспечения, особенностями восприятия учебной информации студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья.

Для слабовидящих студентов в лекционных и учебных аудиториях должна быть предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видео увеличителей для удаленного просмотра. Для чтения учебно-методической литературы необходимо предусмотреть наличие электронных луп. При необходимости должна быть предусмотрена возможность записи лекций на диктофон.

Слабослышащие студенты должны получать дополнительную информацию по дисциплине из учебников, рекомендованных преподавателем (см. п.8 данной программы).

Обучающиеся инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными образовательными ресурсами: электронными пособиями, презентациями лекционных курсов, программным обеспечением для реализации компьютерных лабораторных и практических работ.

Предусмотрена возможность получения данных средств на университетских и кафедральных сайтах, а также при непосредственном общении с преподавателем по электронной почте.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1. Виды самостоятельной работы студента:**

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и рекомендованным учебным пособиям, монографической учебной литературе, справочным источникам;
- самостоятельное изучение ряда теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины, нерассмотренных на лекциях;
- выполнение комплекса заданий теоретического характера, расчетных и графических по всем разделам дисциплины;
- решение рекомендованных задач из сборников задач по оптике;
- изучение теоретического материала по методическим руководствам к физическому практикуму по оптике.

## **6.2. Порядок выполнения и контроля самостоятельной работы студентов:**

- предусмотрена еженедельная самостоятельная работа обучающихся по изучению теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен на семинарах по данной дисциплине;
- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины и нерассмотренных на лекциях предусматривается по мере изучения соответствующих разделов, в которых выделены эти вопросы для самостоятельного изучения; контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен в рамках промежуточного контроля – экзамена по данной дисциплине;
- выполнение и письменное оформление комплекса заданий теоретического характера, расчетных и графических по всем разделам дисциплины предусмотрено фактически еженедельно по мере формулировки этих заданий на лекциях; предусматривается письменное выполнение этой самостоятельной работы с текстовым, включая формулы, и графическим оформлением; контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен при завершении изучения каждого раздела дисциплины по представленному в печатном виде отчету по этому виду самостоятельной работы;
- решение рекомендованных задач из сборников задач по оптике предполагается еженедельным при подготовке к семинарам и при усвоении теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен на семинарах – практических занятиях;
- изучение теоретического материала по методическим руководствам к физическому практикуму по оптике предусмотрен еженедельно с отчетом о проделанной работе на занятиях в физическом практикуме по оптике.

## **6.3. Задания и вопросы для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Оптика»**

### Вопросы из разделов тематического содержания дисциплины:

- Стоячие электромагнитные волны. Регистрация стоячих электромагнитных волн: опыт Винера, цветная фотография Липпмана, объемная голограмма Денисюка.
- Полное внутреннее отражение. Вывод из формул Френеля выражений для сдвига фазы волны при полном внутреннем отражении.
- Отражение света металлами. Отражение света поверхностью металлов. Коэффициент отражения металлов. Глубина проникновения преломленной волны. Изменение состояния поляризации линейно поляризованной волны при отражении поверхностью металлов. Эллипсометрия.
- Поляризационные устройства. Призмы Рошона и Сенармона.
- Интерферометры с делением по амплитуде. Кольца Ньютона. Интерферометр Физо.

- Интерферометры с делением по волновому фронту. Бизеркала Френеля, билинза Бийе, зеркало Ллойда.
- Многолучевая интерференция. **Факультативно:** Фотография Липпмана в натуральных цветах. Голограммы Денисюка.
- Классическая электронная теория дисперсии. Экспериментальные методы исследования аномальной дисперсии. Метод скрещенных призм. Интерференционный метод. Метод "крюков" Рождественского.
- Эффект вращения направления (плоскости) поляризации при распространении света в веществе. Опыт Френеля. Сахарометрия. Поляриметры.
- Оптика движущихся тел Скорость света и методы ее определения. Астрономические методы Ремера (по спутникам Юпитера) и Брадлея (метод аббераций). Лабораторные методы Физо (метод прерываний) и Фуко (метод вращающегося зеркала). Современные лабораторные методы определения скорости света.

Перечень заданий для самостоятельной работы

*Электромагнитные волны. Поляризация света*

1. Записать уравнения Максвелла в интегральной форме, дать толкование всем физическим величинам, в него входящим, и объяснить физический смысл формул – какие явления электромагнетизма они формально определяют.
2. С использованием теорем, правил и соотношений векторного анализа преобразовать интегральные уравнения Максвелла в дифференциальную форму.
3. Вывести из уравнений Максвелла в дифференциальной форме волновые уравнения для электрического  $\vec{E}(\vec{r}, t)$  и магнитного  $\vec{H}(\vec{r}, t)$  волновых полей.
4. Показать, что волновое возмущение плоской волны общего вида  $\vec{E}(t, z) = \vec{E}(t - z/v)$ , распространяющееся вдоль направления  $z$ , удовлетворяет волновому уравнению.
5. Показать, что уравнения гармонической плоской  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r} + \varphi_0)$  и сферической  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{j} A_0/r \cos(\omega t - kr + \varphi_0)$  волн являются решениями волнового уравнения.
6. Записать уравнение цилиндрической волны, распространяющейся перпендикулярно оси  $x$  лабораторной системы координат.
7. Получить уравнения Гельмгольца для комплексной амплитуды  $\vec{U}(\vec{r})$  возмущения  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{U}(\vec{r}) \exp(i\omega_0 t)$  монохроматической волны.
8. Используя уравнения Максвелла получить выражение для вектора Умова-Пойтинга  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$  плоской электромагнитной волны.
9. Показать, что из уравнений Максвелла следует поперечность электромагнитной волны:  $\vec{E} \perp \vec{H} \perp \vec{k}$  и вектора  $\vec{E}, \vec{H}, \vec{k}$  составляют правую тройку.

10. Показать, что при сложении двух одночастотных линейно поляризованных в ортогональных направлениях волновых колебаний  $E_x(z, t) = E_{x0} \cos(\omega t - kz + \varphi_x)$  и  $E_y(z, t) = E_{y0} \cos(\omega t - kz + \varphi_y)$  результирующее колебание имеет эллиптическую поляризацию, если разность фаз колебаний  $\Delta\varphi_{xy}$  и соотношение их амплитуд  $E_{x0}/E_{y0}$  имеют произвольные значения.
11. Показать, что при сложении взаимно некогерентных линейно поляризованных в ортогональных направлениях волновых колебаний результирующее суммарное колебание имеет хаотическую поляризацию, характерную для естественного света.
12. Показать, что ширина спектра волнового цуга  $\Delta\nu$  обратно пропорциональна временной длительности цуга  $\tau_c$ ,  $\tau_c \approx 1/\Delta\nu$ . Обобщить это соотношение ширины спектра  $\Delta\nu$  и длительности цуга  $\tau_c$  на хаотическую последовательность волновых цугов и показать, что время когерентности света  $\tau_c$  обратно пропорциональна ширине его спектра  $\Delta\nu$ , а длина когерентности света  $l_c$  определяется выражением  $l_c \approx \lambda_0^2/\Delta\lambda$ , где  $\lambda_0$  - средняя длина волны света,  $\Delta\lambda$  - ширина спектра свете в шкале длин волн.

#### Отражение и преломление света

1. На основе принципа Гюйгенса вывести законы отражения  $\alpha_1 = \alpha_2$  и преломления  $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$  лучей света на границе раздела двух диэлектрических сред.
2. Вывести формулы Френеля для амплитудных коэффициентов отражения света (электромагнитной волны)  $\rho^{\parallel}$  и  $\rho^{\perp}$  на границе раздела двух диэлектриков. Рассмотреть случаи колебания электрического поля волны в плоскости падения  $\rho^{\parallel}(\alpha_0, n_1, n_2) = \rho^{\parallel}(\alpha_0, \alpha_2)$  и перпендикулярно плоскости падения  $\rho^{\perp}(\alpha_0, n_1, n_2) = \rho^{\perp}(\alpha_0, \alpha_2)$ . Использовать граничные условия непрерывности электрического  $\vec{E}(x, y)$  и магнитного  $\vec{H}(x, y)$  волновых полей на границах раздела  $(x, y)$  сред.
3. Построить графики коэффициентов отражения света от границы раздела диэлектрических сред в зависимости от угла падения  $\rho^{\parallel}(\alpha_0)$ ,  $\rho^{\perp}(\alpha_0)$  при заданных коэффициентах преломления сред  $n_1$  и  $n_2$ . Рассмотреть случаи, когда  $n_1 < n_2$  и когда  $n_1 > n_2$ . Сделать физические выводы из построенных графиков – об изменении состояния поляризации света при отражении, о возникновении фазовых сдвигов, о полном внутреннем отражении.
4. Построить графики коэффициентов отражения и пропускания света по мощности пучка света – энергетических коэффициентов отражения и пропускания, на границе раздела двух диэлектриков в зависимости от угла падения:  $R^{\parallel}(\alpha_0), T^{\parallel}(\alpha_0), R^{\perp}(\alpha_0), T^{\perp}(\alpha_0)$ . Рассмотреть случаи  $n_1 < n_2$  и  $n_1 > n_2$ . Построить графики энергетических коэффициентов отражения  $R(\alpha_0)$  и

пропускания  $T(\alpha_0)$  для хаотически поляризованного света – естественного света, и циркулярно поляризованного света.

5. Используя формулы Френеля, получить выражения для фазовых сдвигов линейно поляризованных волн, испытавших полное внутренне отражение, с направлениями колебаний параллельно и перпендикулярно плоскости падения:  $\Delta\varphi(\alpha_0) = \varphi^{\parallel}(\alpha_0) - \varphi^{\perp}(\alpha_0)$ , в зависимости от угла падения  $\alpha_0$  при заданных коэффициентах преломления сред  $n_1$  и  $n_2$ .
6. Изучить принципы распространения света в волоконных световодах на основе явления полного внутреннего отражения света. Вывести формулу для числовой апертуры оптического волокна  $NA = n_0 \sin \alpha_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ , где  $n_0$  - показатель преломления окружающей волокно среды,  $\alpha_0$  - угол падения луча света на поверхность торца световедущей сердцевины волокна,  $n_1$  и  $n_2$  - показатели преломления сердцевины и оболочки волокна, соответственно.
7. Получить выражения для амплитуды колебаний  $E_2(z)$  во второй среде при полном внутреннем отражении света в зависимости от расстояния  $z$  от границы раздела сред при заданном угле падения  $\alpha_0$  и показателях преломления сред  $n_1$  и  $n_2$ .

#### *Оптика анизотропных сред*

1. Используя принцип Гюйгенса и построения Гюйгенса показать ход обыкновенного и необыкновенного лучей света, преломленных на границе изотропной и анизотропной одноосной сред при различных ориентациях оптической оси анизотропной среды по отношению к плоскости падения и границе раздела сред.
2. Получить формулу для интенсивности света, прошедшего через систему (поляроид P1, фазовую пластину ФП, поляризатор P2) в зависимости от взаимной ориентации осей пропускания и поляризаторов P1 и P2 и оптической оси фазовой пластины ФП – в зависимости от углов между всеми этими осями. Падающий пучок света имеет хаотическую поляризацию - естественный свет. Потери на отражение от граней поляроидов и фазовой пластины не учитывать.
3. Изучить процесс прохождения и двойного лучепреломления света в призмах Волластона и Сенармона. Получить выражение для угла  $\beta$  между линейно поляризованными лучами на выходе той и другой призм в зависимости от показателей преломления обыкновенного  $n_o$  и необыкновенного  $n_e$  лучей света в призме и от угла  $\alpha$  между делительной – гипотенузной, и катетной гранями призм.

#### *Интерференция волн*

1. Получить выражение для интенсивности колебаний в суммарном волновом поле при наложении и интерференции двух монохроматических

- волн - с одинаковыми частотами и одинаковыми направлениями колебаний - в зависимости от разности фаз этих волн, используя:
- а) метод векторных диаграмм для сложения колебаний;
  - б) представление колебаний, возбуждаемых волнами, в комплексной форме.
2. Рассмотреть два случая:
    1. Сложение скалярных колебаний - колебания в складываемых волнах совершаются в одинаковых направлениях;
    2. Сложение векторных колебаний – между направлениями колебаний в интерферирующих волнах есть некоторый угол  $\beta$ ,  $0 < \beta \leq 90^\circ$ .
  3. Получить выражение для интенсивности интерференции монохроматических волн с разными частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Определить, какой частотой срабатывания должен обладать фотодетектор для наблюдения картины (сигнала) интерференции волн с различными частотами.
  4. Используя компьютерную математическую программу, например MathCad, построить график изменения интенсивности интерференции некогерентных волн в зависимости от разности хода волн  $\Delta$  в интерференционной системе (интерферометре):
    - а) при заданном частотном спектре волн  $g(\omega) = g_0 \exp(-(\omega - \omega_0)^2 / \Delta\omega^2)$ ;
    - б) при заданной функции временной когерентности волн  $\gamma(\Delta) = \exp(-\Delta^2 / l_c^2)$ .
  5. Используя компьютерную математическую программу, например MathCad, рассчитать и построить изображения интерференционной картины в опыте Ньютона – кольца Ньютона:
    - а) в монохроматическом свете;
    - б) в полихроматическом свете (белом свете видимого диапазона) – интерференционную картину представить в градациях серого и в цвете.
  6. Используя формулу Эйри для интенсивности многолучевой интерференции в интерферометре Фабри-Перо и компьютерную математическую программу, например MathCad, построить графики зависимости интенсивности:
    - а) от разности фаз интерферирующих волн при различных коэффициентах отражения  $R$  зеркал интерферометра:  $R = 0.09$ ,  $R = 0.1$ ,  $R = 0.5$ ,  $R = 0.8$ ;
    - б) от длины волны  $\lambda$  при заданной разности хода волн в интерферометре.

### *Дифракция волн*

1. Используя дифракционный интеграл Френеля-Кирхгофа и компьютерную математическую программу, например MathCad, построить график изменения интенсивности  $I(z)$  в поле дифракции света на круглом отверстии в непрозрачном экране вдоль оптической оси  $z$  в интервале  $\Delta z = z_1 - z_2$ , соответствующим изменению числа зон



- Френеля в отверстии от 15 до 0.5:  $z_1$  - 15 зон Френеля в пределах отверстия;  $z_2$  - 0.5 первой зоны Френеля в пределах отверстия.
2. Используя компьютерную математическую программу, например MathCad, построить графики нормированной интенсивности света  $I(\sin \alpha)/I(\sin \alpha = 0)$  в картине дифракции Фраунгофера параллельного пучка света на амплитудной дифракционной решетке для различного числа щелей решетки:  $N = 1, N = 2, N = 3, N = 5, N = 10, N = 30$ , и т.д.
  3. Используя графическое построение для распределения интенсивности света в картине дифракции Фраунгофера на дифракционной решетке провести исследование и определить необходимое число штрихов решетки для разрешения спектральных линий натриевого дублета во втором порядке дифракции.
  4. Разработать и нарисовать с использованием компьютерного графического редактора, например CorelDraw, оптическую схему записи голограмм в сходящихся объектном и опорном пучках света. Определить необходимую разрешающую способность фотодетектора (фотопластинки, фототермопластика и т.д., матричного фотодетектора), используемого для записи голограммы по разработанной схеме с учетом углов падений пучков света на фоторегистратор.
  5. Нарисовать схему восстановления с аналоговой голограммы объектного пучка света и наблюдения мнимого изображений объекта.

#### 6.4. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля

##### 6.4.1. Вопросы блицопроса для проведения текущего контроля по лекционным занятиям

#### Раздел 1: Электромагнитные волны оптического диапазона.

##### Поляризация света

1. Определение абсолютного показателя преломления. Связь  $n$  с  $\epsilon$ .
2. Волновое уравнение.
3. Уравнения плоской и сферической монохроматических волн.
4. Длина волны, частота, волновой вектор, фаза волны.
5. Запись уравнения волны в комплексном виде. Комплексная амплитуда.
6. Уравнение квазимонохроматической волны.
7. Графическое представление квазимонохроматических колебаний.
8. Спектральное представление колебаний. Интеграл Фурье.
9. Связь времени когерентности с шириной частотного спектра. Длина волнового цуга.
10. Объемная плотность энергии эл. магн. волны. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность света.
11. Дисперсия вещества. Групповая скорость света и ее связь с фазовой скоростью.
12. Взаимная ориентация векторов  $\vec{E}, \vec{H}, \vec{k}$  эл. магн. волны.

13. Линейная, круговая, эллиптическая и хаотическая поляризация волн.
14. Условия получения линейной и круговой поляризации волны при наложении двух ортогонально линейно поляризованных волн.

## **Раздел 2: Отражение и преломление света**

1. Граничные условия для падающего, отраженного и преломленного полей.
2. Законы отражения и преломления.
3. Предельный угол полного внутреннего отражения.
4. Физический смысл формул Френеля.
5. Графики для амплитудных коэффициентов отражения при  $n_1 < n_2$ .
6. Графики для амплитудных коэффициентов отражения при  $n_1 > n_2$ .
7. Значение амплитудного коэффициента отражения при нормальном падении при  $n_1 = 1, n_2 = 2$ .
8. Графики для энергетических коэффициентов отражения при  $n_1 < n_2$ .
9. Графики для энергетических коэффициентов пропускания при  $n_1 < n_2$ .
10. Условие Брюстера.
11. Коэффициент отражения при произвольном азимуте линейной поляризации.
12. Коэффициент отражения для естественного света.
13. Получение круговой поляризации при полном внутреннем отражении. Параллелепипед Френеля.
14. Поляризация света при отражении от металла. Эллипсометрия

## **Раздел 3: Оптика анизотропных сред. Кристаллооптика**

1. Анизотропная среда. Диэлектрическая проницаемость для анизотропной среды.
2. Оптическая ось, главное сечение кристалла.
3. Схематическое изображение волновых поверхностей точечного источника в одноосном кристалле.
4. Пример построения Гюйгенса на границе анизотропной среды.
5. Уравнение для фазовой скорости волны в одноосном кристалле.
6. Уравнение для лучевой скорости волны в одноосном кристалле.
7. Поляроид.
8. Фазовая пластинка  $\lambda_0/4$ .
9. Фазовая пластинка  $\lambda_0/2$ .
10. Закон Малюса.
11. Призма Николя.
12. Призма Волластона.
13. Фотоупругость.
14. Эффект Керра.

## **Раздел 4: Интерференция света**

1. Уравнение интерференции монохроматических волн.
2. График интенсивности света в интерференционной картине в зависимости от разности хода волн.

3. Связь разности фаз и разности хода волн.
4. Условия для разности фаз и разности хода волн для  $\max$  и  $\min$  интерференции.
5. Схема интерферометра Майкельсона. Разность хода волн в интерферометре.
6. Схема интерферометра Маха-Цендера.
7. Схема интерферометра Юнга. Уравнение для периода полос Юнга.
8. Радиус пространственной когерентности света. Условие наблюдения полос Юнга.
9. Связь времени и длины когерентности света с параметрами его частотного спектра.
10. Соотношение между разностью хода волн и длиной когерентности для наблюдения явления интерференции света.
11. Схема интерферометра Фабри-Перо.
12. Уравнение Эйри для зависимости интенсивности в интерференционной картине от разности фаз интерферирующих лучей в интерферометре Фабри-Перо.

### **Раздел 5: Дифракция света**

1. Принцип Гюйгенса. Принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Интеграл Френеля-Кирхгофа – формальное выражение принципа Гюйгенса-Френеля.
3. Формула для радиуса  $m$ -ой зоны Френеля.
4. Сколько зон Френеля укладывается в пределах круглого отверстия для определенного положения точки наблюдения  $P$  картины дифракции ближнего поля.
5. Нарисовать векторную диаграмму для амплитуды поля в дифракционной картине Френеля на круглом отверстии для 5 открытых зон Френеля.
6. Условие для  $\min$  в дифракционной картине Фраунгофера на щели.
7. Выражение для угловой расходимости пучка света.
8. Условие главных  $\max$  дифракции света на дифракционной решетке.
9. Разрешающая способность дифракционной решетки.
10. Оптическая схема записи голограммы.
11. Условие Бреггов-Вульфа для дифракционного порядка дифракции света на объемной дифракционной решетке.

### **Раздел 6: Молекулярная оптика**

1. Уравнение движения электрона в атоме в поле световой волны.
2. Дисперсионная кривая  $n(\omega)$  для газа.
3. Формула Коши.
4. Формула Лоренц-Лорентца.
5. Закон Бугера.
6. Уравнение плоской волны в поглощающей среде.
7. Формула Релея для интенсивности света, рассеянного в мутной среде.
8. Эффект Фарадея.

9. Молекулярное рассеяние.
10. Объяснение голубого цвета неба.
11. В каком направлении рассеянный в мутной среде свет линейно поляризован.
12. Выражение для нелинейной поляризации среды в поле световой волны.
13. Генерация второй гармоники.
14. Причины эффекта самофокусировки света в нелинейной среде.

### **Раздел 7. Оптика движущихся сред**

1. Лабораторные и астрономические методы измерения скорости света.
2. Эффект Доплера в оптике.
3. Проявление эффекта Доплера в астрофизике.
4. Проявление эффекта Доплера в интерференционных и дифракционных явлениях.
5. Кольцевой интерферометр Саньяка.

#### **6.4.2. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля по лабораторным занятиям**

##### **Геометрическая оптика**

1. Напишите без вывода общую формулу тонкой линзы и поясните смысл всех величин, входящих в нее.
2. Рассмотрите различные случаи построения хода лучей в собирающих и рассеивающих линзах.
3. Какими методами определяются фокусные расстояния линз в настоящей работе?
4. Какие виды аберраций существуют?
5. Как будет вести себя параллельный пучок немонахроматического света, проходя через тонкую линзу?
6. Будут ли пересекаться в одной точке параллельно падающие на реальную линзу лучи? Какие из лучей пересекутся ближе к линзе: более удаленные от главной оптической оси или менее удаленные?
7. Что изменится у тонкой линзы, если с одной стороны ее находится воздух, а с другой – вода?
8. Построить ход лучей в идеальной линзе в случаях, когда изображение будет: 1) увеличенным; 2) уменьшенным; 3) прямым; 4) перевернутым; 5) действительным; 6) мнимым. Как расположены при этом друг относительно друга предмет, линза и ее фокусы?
9. Как их оценить по данным измерений радиусы кривизны поверхностей линзы?
10. Оцените углы между оптической осью и лучами в вашем эксперименте. Можно ли считать такие лучи парааксиальными? Примите во внимание кривизну поверхностей линз.

11. Каковы основные отличия идеальной оптической системы от реальной? Какие из них вы наблюдали на опыте?
12. Каким образом возникают действительные изображения в оптических системах?
13. В чем сущность теории идеальной оптической системы? Какими параметрами характеризуется идеальная оптическая система?
14. Приведите пример графического построения изображений в оптической системе, используя ее кардинальные точки.
15. Какой метод определения кардинальных точек рекомендуется в предлагаемой лабораторной работе?
16. Поясните, каким образом явление дифракции света ограничивает разрешающую способность оптических систем.
17. Какую величину принимают в качестве меры разрешающей способности оптических систем?
18. В чем состоит метод практического определения разрешающей способности оптической системы?
19. С помощью каких формул можно вычислить увеличение объективов зрительной трубы и микроскопа, а также увеличение окуляра?
20. Где располагается выходной зрачок в зрительной трубе и в микроскопе?
21. От каких параметров зависит увеличение зрительной трубы и микроскопа?
22. Как может быть измерено расстояние наилучшего зрения?
23. Какими методами измеряется увеличение зрительной трубы и микроскопа?
24. Как измеряется поле зрения зрительной трубы?
25. Постройте ход лучей в зрительной трубе и микроскопе?
26. Сформулировать закон преломления и пояснить физический смысл относительного и абсолютного показателей преломления.
27. Сформулировать условия, при которых наблюдается полное внутреннее отражение. Получить формулу для определения предельного угла полного внутреннего отражения. Объяснить зависимость величины предельного угла от длины волны.
28. Построить ход лучей в рефрактометре ИРФ-22 при монохроматическом освещении. Какую роль играет в приборе компенсатор дисперсии?
29. Как формируется изображение в фокальной плоскости зрительной трубы при освещении белым светом?
30. Почему в рефрактометре нельзя вести измерения предельного угла без зрительной трубы? Какова ее роль?
31. Что такое компенсатор дисперсии, в чем состоит его действие?

### **Спектроскопия**

1. Построить ход лучей в спектрогониометре.
2. Объяснить автоколлимационный способ установки зрительной трубы на бесконечность.
3. Объяснить методику измерения угла наименьшего отклонения.

4. Пояснить смысл угловой дисперсии призмы. Чем определяется расстояние между спектральными линиями?
5. Что такое разрешающая сила спектрального прибора? Чем определяется разрешающая сила приборов с призмой?
1. На чем основан качественный спектральный анализ?
2. Постулаты Бора, схема уровней энергии атома. Переходы с излучением и поглощением.
3. Оптическая схема спектрального прибора и назначение отдельных узлов.
4. Как формируется изображение входной щели в фокальной плоскости объектива камеры?
5. Каково назначение призмы?
6. Основные характеристики спектрального прибора: дисперсия, разрешающая способность, светосила.
7. Оптическая схема монохроматора УМ-2. Действие призмы постоянного угла отклонения (призма Аббе).

### **Интерференция света**

1. Дать определение интерференции.
2. Основные характеристики колебаний и волн и их физический смысл (частота, период, круговая частота, волновое число, скорость распространения волны, длина волны, амплитуда, фаза).
3. Сложение гармонических колебаний. Условия максимума и минимума энергии суммарного колебания.
4. Вывод формулы, связывающей разность фаз с разностью хода.
5. Построить векторную диаграмму для сложения двух гармонических колебаний.
6. Какова оптическая схема и методика интерференционного контроля качества оптических деталей?
7. Что такое пробное стекло и каким требованиям оно должно удовлетворять?
8. Получите математическое условие интерференции световых лучей в воздушном зазоре между пробным стеклом и испытуемой деталью.
9. Дайте определение общей и местной ошибок и поясните порядок их нахождения на конкретных примерах
10. Вывод формулы для разности хода интерферирующих лучей в схеме наблюдения колец Ньютона.
11. Объяснение формы наблюдаемых интерференционных полос и их окраски.
12. Что такое время разрешения фотоприемника ?
13. Что такое время и длина когерентности?
14. Построить ход лучей в интерференционной схеме Юнга.
15. Получить разность хода от двух когерентных источников.
16. Сформулировать условия максимума и минимума интенсивности в интерференционной картине.

17. Почему при использовании в схеме Юнга лазера, первого отверстия S не нужно?
18. Что такое радиус пространственной когерентности?
19. Получить формулу для расчета разности хода от двух когерентных источников света.
20. Сформулировать условия максимумов и минимумов интенсивности света в интерференционной картине.
21. Получить формулу для определения периода схемы Юнга.
22. Почему при освещении щелей в схеме Юнга светом с взаимно ортогональной поляризацией интерференция отсутствует?
23. Чем ограничивается число наблюдаемых полос в двухлучевой интерференционной картине?
24. Чем вызываются смещения интерференционных полос?

### **Дифракция света**

1. Запишите условие максимумов интенсивности в случае дифракции Фраунгофера на дифракционной решетке.
2. Чем определяется число максимумов, практически наблюдаемых в случае двух щелей?
3. Чем определяется контрастность дифракционной картины в случае квазимонохроматического облучения от протяженного источника? Как она связана со степенью когерентности волн, приходящих от разных щелей?
4. Чем определяется величина вводимой компенсатором разности хода?
5. На чем основан принцип действия прибора ЛИР-2? Какие величины могут быть измерены с помощью этого прибора?
6. Каким образом осуществляется наблюдение дифракционной картины в данной работе? Каково назначение цилиндрического окуляра?
7. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Условие главных максимумов, интенсивность света в главных максимумах, расстояние между главными максимумами для света с различными длинами волн.
8. Какова амплитуда суммарной волны, приходящей от одной щели в произвольную точку экрана? Как складываются волны от разных щелей?
9. Изобразите графически распределение интенсивности при дифракции света на решетке с известным числом щелей и заданным отношением периода решетки к ширине щели.
10. Предельная ширина главного максимума. Условие разрешения близких спектральных линий. Разрешающая способность дифракционной решетки.
11. Вывести формулы для радиуса зоны и ее площади.
12. Сравнить интенсивности света в точке Р при полностью открытом отверстии и при открытой половине первой зоны.
13. Как будет влиять на результаты измерений увеличение диаметра точечной диафрагмы в фокальной плоскости коллиматора?
14. Оценить погрешность из-за предположений о малости  $f_2$  и АВ относительно  $b$ .

**Поляризация света**

1. Поясните принцип действия призмы Николя. Какая часть энергии падающего света проходит через призму Николя, если падающий свет: а) линейно поляризован, б) циркулярно поляризован, в) естественный?
2. Нарисуйте ход лучей в полутеневом сахариметре (с указанием направления колебаний электрического вектора). Как поле зрения разделяется на две части?
3. Как объясняется в теории Френеля явление вращения плоскости поляризации света в оптически активных веществах?
4. Выведите формулу для угла поворота плоскости поляризации в оптически активной среде.
5. Дайте определение линейно поляризованного, естественного и частично поляризованного света. Каким образом можно выделить линейно поляризованный свет из естественного?
6. Дайте определение эллиптически поляризованного света. Как возникает и какими параметрами характеризуется эллиптически поляризованный свет?
7. Как изменяется эллипс поляризации: а) при изменении сдвига фаз исходных колебаний  $\delta$ ; б) при изменении отношения амплитуд исходных колебаний  $B/A$ .
8. Чем определяется направление вращения вектора  $\vec{E}$  в эллиптически поляризованной волне?
9. Какие характеристики эллипса поляризации можно определить методом вращающегося анализатора?
10. Объясните, как действует пластинка  $\lambda/4$  в качестве компенсатора сдвига фаз.
8. Опишите схему экспериментальной установки и назначение отдельных ее элементов.

**Искусственная анизотропия**

1. Нарисовать схему для измерения эффекта Керра.
2. Написать формулу, связывающую постоянную Керра с разностью фаз обыкновенного и необыкновенного лучей.
3. Как отличить эффект Керра от искусственной анизотропии при механических деформациях.
4. Теория Ланжевена.
5. Зависимость постоянной Керра от температуры.
6. Теория Борна.
7. Чем объясняются различия в значениях постоянной Керра для веществ, имеющих близкие значения постоянных моментов и поляризуемостей.
8. Объяснить опыты по измерению длительности существования эффекта Керра.
9. Применение эффекта Керра.



### **Поглощение света**

1. Сделайте вывод закона Бугера. Поясните физический смысл и границы применимости дифференциального и интегрального законов поглощения света.
2. Во сколько раз ослабляется поток света в слое вещества, если оптическая плотность равна  $D$ ?
3. Нарисуйте оптическую схему и объясните принцип действия прибора ФЭК-56ПМ (ФМ-56). Каким методом в приборе ФМ-56 поле зрения делится на две части?

### **Фотометрия**

1. Назовите основные фотометрические величины – сила света, световой поток, освещенность, яркость и их единицы.
2. Какие источники света подчиняются закону Ламберта?
3. Сформулируйте закон Ламберта.
4. Объясните принцип работы фотометров Жоли и Люммера - Бродхуна.
5. Нарисуйте схему линейного фотометра.

### **6.5. Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины - перечень экзаменационных вопросов:**

1. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Уравнение волны. Плоская монохроматическая волна. Основные характеристики колебаний и волн и их физический смысл.
2. Уравнения плоской, сферической и цилиндрической волн. Гауссов пучок света.
3. Представление монохроматических волн в комплексном виде. Комплексная амплитуда волнового поля. Уравнение Гельмгольца.
4. Поперечность электромагнитной волны. Взаимная ориентация волнового вектора, векторов электрического и магнитного полей в плоской волне.
5. Поляризация плоской монохроматической электромагнитной волны. Типы поляризации электромагнитных волн. Линейно поляризованная волна. Круговая и эллиптическая поляризации.
6. Естественный и частично поляризованный свет. Степень поляризации.
7. Энергия электромагнитных волн. Плотность потока энергии. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность света.
8. Стоячие электромагнитные волны. Уравнение стоячей волны. Оптический резонатор.
9. Регистрация стоячих электромагнитных волн. Опыт Винера. Цветная фотография Липпмана и объемная голограмма Денисюка.
10. Квазимонохроматические волны. Излучение дипольного осциллятора. Разложение по гармоническим составляющим. Временной спектр.
11. Модулированные волны. Амплитудная и фазовая модуляции. Волновой

- цуг конечной длительности. Соотношение между длиной цуга и шириной спектрального интервала.
12. Суперпозиция двух плоских монохроматических волн различной частоты. Биения.
  13. Групповая скорость. Формула Рэлея. Дисперсия света.
  14. Отражение и преломление света на плоской границе раздела двух изотропных диэлектриков. Вывод законов отражения и преломления.
  15. Соотношения амплитуд падающей, отраженной и преломленной волн. Вывод формул Френеля. Следствия из формул Френеля.
  16. Изменение параметров волны при отражении и преломлении. Изменение фазы волны при отражении. Зависимость коэффициента отражения от угла падения. Изменение азимута колебаний линейно поляризованной волны при отражении и преломлении.
  17. Поляризация света при отражении под углом Брюстера. Брюстеровские окна в газовом лазере.
  18. Степень поляризации отраженного и преломленного света. Стопа Столетова.
  19. Энергетические коэффициенты отражения и пропускания. Закон сохранения энергии. Коэффициент отражения при произвольном азимуте линейной поляризации. Коэффициент отражения для естественного света.
  20. Полное внутреннее отражение. Оптические элементы и приборы, работающие на полном внутреннем отражении. Волоконные и планарные световоды. Волоконная оптика. Неоднородная волна вблизи границы раздела сред. Нарушенное полное внутреннее отражение.
  21. Изменение состояния поляризации света при полном внутреннем отражении. Параллелепипед Френеля.
  22. Отражение света поверхностью металлов. Коэффициент отражения металлов. Глубина проникновения преломленной волны. Изменение состояния поляризации линейно поляризованной волны при отражении поверхностью металлов. Эллипсометрия.
  23. Распространение света в анизотропной среде. Тензор диэлектрической проницаемости. Одноосные и двуосные оптические кристаллы.
  24. Плоская монохроматическая волна в анизотропной среде. Взаимная ориентация векторов электромагнитного поля. Фазовая скорость волны в анизотропной среде. Обыкновенные и необыкновенные волны.
  25. Уравнения для лучевых скоростей в одноосном кристалле. Поверхности лучевых скоростей обыкновенной и необыкновенной волн в одноосном кристалле.
  26. Преломление света на границе анизотропной среды. Построения Гюйгенса для одноосных кристаллов.
  27. Поляризационные устройства. Кристаллические пластинки.

- Компенсаторы. Призмы Николя, Волластона. Закон Малюса.
28. Дихроичные пластинки, поляриды.
  29. Искусственная анизотропия. Фотоупругость. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля.
  30. Интерференция света. Взаимная когерентность волновых процессов. Интенсивность результирующего поля при суперпозиции двух световых волн. Интерференционное уравнение. Условия образования максимумов и минимумов интенсивности.
  31. Интерференция монохроматических волн точечных источников. Основное уравнение интерференции монохроматических волн (вывод уравнения с использованием векторной диаграммы и комплексной формы записи для уравнения световой волны). Пространственное распределение интенсивности в интерференционной картине. Контраст (видность) интерференционных полос.
  32. Интерференция плоских волн. Пространственный период полос.
  33. Интерференция сферических волн. Схема наблюдения полос Юнга и схема наблюдения колец Ньютона. Оптический путь, оптическая разность хода. Связь разности фаз волн с их оптической разностью хода. Условия формирования светлых и темных интерференционных полос. Общая схема интерференции волн точечных источников.
  34. Интерференция монохроматических волн различной частоты. Зависимость наблюдаемой картины от постоянной времени фотоприемника.
  35. Интерферометр Майкельсона. Интерферометр Маха-Цендера.
  36. Интерференция квазимонохроматических волн. Функция взаимной когерентности. световых волн.
  37. Временная когерентность световых волн. Длина волнового цуга. Время и длина временной когерентности. Соотношения между временем когерентности и шириной спектрального интервала.
  38. Зависимость видности интерференционных полос от степени временной когерентности. Предельная разность хода и полное число наблюдаемых интерференционных полос.
  39. Спектральная интерференция (интерференция при больших разностях хода). Фурье-спектроскопия.
  40. Интерференция квазимонохроматических волн протяженных источников света.
  41. Пространственная когерентность. Роль конечных размеров источника света. Интерферометр Юнга. Зависимость радиуса пространственной когерентности от угловых размеров источника света.
  42. Звездный интерферометр Майкельсона и его современные модификации.
  43. Интерферометр Рэлея. Интерференционные опыты с делением волнового

- фронта (бипризма Френеля, зеркала Френеля, билинза Бийе, зеркало Ллойда).
44. Интерференционные полосы равного наклона и равной толщины. Оптическая разность хода лучей света при отражении от границ плоского прозрачного слоя. Полосы равного наклона. Оптический клин. Полосы равной толщины. Интерференционный опыт Ньютона, кольца Ньютона.
  45. Влияние временной и пространственной когерентности света при интерференции в тонких пленках.
  46. Просветление оптики. Интерференционные зеркала.
  47. Интерференция поляризованных волн. Интерференция ортогонально поляризованных плоских волн. Кристаллическая пластинка между двумя поляроидами.
  48. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо. Распределение интенсивности в интерференционных картинах в проходящем и отраженном излучении. Разность фаз и разность хода лучей в интерферометре Фабри-Перо.
  49. Лазерный резонатор. Интерференционные светофильтры. Многослойные диэлектрические интерференционные зеркала. Фотография Липпмана в натуральных цветах. Голограммы Денисюка.
  50. Дифракция света. Принципы Гюйгенса и Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и круглом экране. Пятно Пуассона. Распределение освещенности в дифракционной картине в поперечном направлении и вдоль оси отверстия.
  51. Зонная пластинка и ее сравнение с линзой.
  52. Дифракция Френеля на прямолинейном краю плоского экрана. Спираль Корню. Распределение освещенности в дифракционной картине.
  53. Дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на прямоугольном и круглом отверстии. Дифракционная расходимость световых пучков. Лазерные гауссовы пучки. Дифракционная расходимость излучения полупроводникового лазера.
  54. Дифракционный предел разрешения оптических систем.
  55. Дифракционная решетка. Амплитудные и фазовые дифракционные решетки.
  56. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Разрешающая способность дифракционной решетки.
  57. Физические принципы голографии. Голографические схемы записи и восстановления световых полей.
  58. Объемные дифракционные решетки. Дифракция Бреггов-Вульфа. Дифракция света на акустических волнах.
  59. Распространения света в изотропной диспергирующей среде. Поляризация среды. Материальные уравнения. Дисперсия света. Уравнение плоской

- монохроматической волны в поглощающей среде. Закон Бугера.
60. Волновые пакеты. Групповая скорость волны. Формула Рэлея.
61. Классическая электронная теория дисперсии. Уравнение движения осциллятора во внешнем поле. Дисперсия вдали от линии поглощения. Формула Коши. Формула Лоренц-Лорентца.
62. Дисперсия в области линии поглощения. Аномальная дисперсия. Дисперсионная кривая и линия поглощения. Экспериментальные методы исследования аномальной дисперсии.
63. Эффект вращения плоскости поляризации в магнитном поле (эффект Фарадея).
64. Естественное вращение плоскости поляризации. Опыт Френеля. Сахарометрия. Поляриметры.
65. Рассеяние света в неоднородных средах и его закономерности. Поляризация рассеянного света.
66. Молекулярное рассеяние. Объяснение цвета зари и неба.
67. Упругое и неупругое рассеяние света. Комбинационное рассеяние.
68. Нелинейная оптика. Просветление, многофотонное поглощение. Генерация второй гармоники. Самофокусировка световых пучков. Вынужденное рассеяние света.
69. Скорость света и методы ее определения. Лабораторные методы Физо (метод прерываний) и Фуко (метод вращающегося зеркала).
70. Астрономические методы Ремера (по спутникам Юпитера) и Брадлея (метод аббераций).
71. Проявление движения среды в интерференционных опытах. Опыт Физо. Эффект Саньяка.
72. Опыт Майкельсона. Попытка обнаружения движения Земли оптическим методом.
73. Явление Доплера в оптике. Проявление эффекта Доплера в спектральных исследованиях.
74. Проявление эффекта Доплера при интерференции и дифракции света. Сдвиг частоты света при дифракции на движущейся дифракционной решетке. Дифракция Рамана-Ната на бегущей акустической волне.

## **6.6. Темы, контрольные работы и номера задач для практических занятий**

### **Перечень тем практических занятий**

#### **1. Геометрическая оптика.**

Принцип Ферма. Оптическая длина пути. Отражение и преломление на границе раздела двух сред. Полное внутреннее отражение. Понятие идеальной оптической системы. Преломление света на сферической поверхности. Сферическое и плоское зеркало. Формула тонкой линзы.

Построение изображения в тонких линзах. Системы из тонких линз.  
Зрительная труба и микроскоп. Формула толстой линзы.

2. Интерференция света.

Вывод волнового уравнения. Уравнения плоской, сферической и цилиндрической волны. Сложение колебаний с взаимно ортогональной поляризацией. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Схема Юнга. Зеркала Френеля.

3. Дифракция света.

Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция на круглом отверстии. Метод зон Френеля. Дифракционная решетка.

4. Поляризация света.

Формулы Френеля. Угол Брюстера. Стопа Столетова. Пластинки  $\lambda/4$  и  $\lambda/2$ . Поляризационные призмы. Поляририд. Закон Малюса.

**Темы контрольных работ**

1. Геометрическая оптика (Преломление на границе раздела двух сред, полное внутреннее отражение, тонкие и толстые линзы)
2. Интерференция и дифракция (Зоны Френеля, схема Юнга, кольца Ньютона, дифракционная решетка)
3. Поляризация света. (Формулы Френеля, угол Брюстера, стопа Столетова, закон Малюса)

**Номера задач для практических занятий**

Сборник задач по общему курсу физики. Оптика. / Под ред. Д.В.Сивухина, изд. 4. - М.: Наука, 1977. - 320 с.

Тема	Ауд.	Дом.	Дополн.
<b>Геометрическая оптика</b>			
1. Закон отражения.	7	9	
Закон преломления.	26	148	143,146
Изображение плоской поверхностью.	28	30	
Принцип Ферма.			21,23
Призма.			34,35,41
Идеальные изображающие поверхности.		19	20
2. Изображение сферической поверхностью.	Луч. матрицы. Типы линз.	50, 56 69, 101	58, 68, 71, 93, 99,100,102
Основные формулы для линзы.			
3. Центрированные оптические системы.	110,108 134,127	111, 64 104, 116	107, 65 114
<b>Поляризация света</b>			
4. Плоские и сферические волны.	199	200	
Вектор Умова-Пойтинга.	426, 431	427, 429	428, 440
Интенсивность.	432	450	433-435, 449, 445-447, 451
Полная и частичная линейная поляризация.			
Формулы Френеля.			

5. Эллиптическая поляризация. Полное внутреннее отражение.	456, 459 458, 461	460, 462 463, 464	457 465
6. Кристаллооптика. Распространение света в анизотропных средах.	475, 560 494, 487 504	486, 493 489, 506	473, 479 492, 490 495, 488 529-531 512, 491
<b>Интерференция света</b>			
7. Сложение когерентных и некогерентных колебаний. Двухлучевая интерференция.	201, 202 204, 206 220	207, 208 218, 221 222	203, 212 215, 219 260
8. Многолучевая интерференция.	232, 237 249, 444	234, 233* 250, 254	243, 245 248
9. Когерентность. Время когерентности, ширина спектральной полосы. Длина когерентности.	Ландсберг, упр. 21, 24 238, 233*	255 256 226	
10. Интерференция волн различной поляризации	508, 510 518, 536	511, 519 520, 521	
<b>Дифракция света</b>			
11. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Зонная пластинка. Фазовые пластинки.	265, 267 269, 272 273	279, 264 267, 274 293	263, 270 271, 268 278, 280
12. Дифракция Фраунгофера. Применение в спектроскопии. Предел разрешения оптических приборов.	297, 300 309, 317 375	312, 314 317, 331 385	293, 299, 301, 303, 306, 310, 313, 323, 327, 330, 332,373,382
*13. Элементы голографии	412, 413 415, 416	414, 417 418, 420	
*14. Взаимодействие света с веществом. Дисперсия. Электро-, магнитооптика. Сечение рассеяния. Комбинационное рассеяние	668, 680 707, 725 730, 749	669, 679 706, 717 722, 733 750	678, 681 701, 705 708, 718 735
*15. Скорость света. Оптика движущихся тел	580, 586 603, 607 645	581, 583 602, 611 648	593 643 646
Итого:	60	65	

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 7.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
<b>4 экзамен</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>100</b>
<b>4 зачет</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

**Лекции**

Баллы 0-20.

Посещаемость – 0-10 баллов.

Критерии оценки:

- посещение менее 50% занятий 0 баллов
- посещение от 50% до 70% занятий 2 балла
- посещение от 71% до 80% занятий 4 балла
- посещение от 81% до 90% занятий 6 баллов
- посещение от 91% до 100% занятий 10 баллов

Прохождение блиц-опроса - 0-10 баллов.

Критерии оценки:

- успешно пройденный блиц-опрос по одному разделу дисциплины – 1 балл;
- успешно пройденный блиц-опрос по двум разделам дисциплины – 2 балла;
- успешно пройденный блиц-опрос по трем разделам дисциплины – 4 балла;
- успешно пройденный блиц-опрос по четырем разделам дисциплины – 6 баллов;
- успешно пройденный блиц-опрос по пяти разделам дисциплины – 8 баллов;
- успешно пройденный блиц-опрос по шести разделам дисциплины – 10 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов;

**Практические занятия**

Баллы 0-30.

Посещаемость 0-10 баллов.

Критерии оценки:

- посещение менее 60% занятий 0 баллов
- посещение от 60% до 70% занятий 2 балла
- посещение от 71% до 80% занятий 4 балла



- посещение от 81% до 90% занятий 6 баллов
- посещение от 91% до 100% занятий 10 баллов

Выполнение домашних заданий 0-10 баллов.

- Критерии оценки:
- при полностью правильном выполнении студентом домашних заданий – 10 баллов;
  - при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 5 баллов;
  - в остальных случаях – 0 баллов.

Выполнение контрольных работ 0-10 баллов.

- Критерии оценки:
- не выполнение контрольных работ – 0 баллов
  - выполнение 1-ой контрольной работы – 3 балла;
  - выполнение 2-х контрольных работ – 6 балла;
  - выполнение 3-х контрольных работ – 10 баллов.

### **Самостоятельная работа**

Баллы 0-18.

Выполнение заданий для самостоятельной работы и оформление отчета по ним в рукописной и печатной форме с представлением численных расчетов, графиков, результатов компьютерного моделирования, рисунков, фотографий - 0-18.

- Критерии оценки:
- не выполнение заданий для самостоятельной работы – 0 баллов
  - выполнение 1-го задания – 3 балла;
  - выполнение 2-х заданий – 6 баллов;
  - выполнение 3-х заданий – 10 баллов;
  - выполнение 4-х заданий – 14 баллов;
  - выполнение 5-ти заданий – 18 баллов.

### **Автоматизированное тестирование**

Оценивание не предусмотрено.

### **Другие виды учебной деятельности**

Оценивание не предусмотрено.

### **Промежуточная аттестация**

Баллы 0-32.

Промежуточная аттестация проходит в форме устного экзамена в виде ответов на два вопроса экзаменационных билетов и двух дополнительных вопросов из перечня контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации. В билетах содержатся 2 вопроса из перечня контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации.

Критерий оценки ответа на каждый вопрос при проведении промежуточной аттестации:

- на вопрос дан правильный, полный, развернутый ответ (допускаются незначительные погрешности) – 8 баллов;
- на вопрос дан правильный, но неполный ответ (например, при выводе формулы, изложении метода отсутствуют отдельные логические шаги; допущена ошибка при вычислении; имеются другие неточности) – 6 баллов;
- на вопрос дан краткий ответ, содержащий только верно сформулированные факты (допускаются незначительные погрешности) – 4 балла;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за лекционные и практические занятия студента за семестр по дисциплине «Оптика» составляет 100 баллов.

**Таблица 7.2** Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Оптика» в оценку (экзамен):

81 - 100 баллов	«отлично»
61 – 80 баллов	«хорошо»
31 - 60 баллов	«удовлетворительно»
0 - 30 баллов	«неудовлетворительно»

### Лабораторные занятия

Баллы 0-40.

Сдача устного и письменного отчета по лабораторной работе.

Критерии оценки: ответы на четыре теоретических вопроса по данной лабораторной работе при правильном выполнении самой лабораторной работы и обработки результатов экспериментов, 0-10 баллов.

- отсутствие ответов на вопросы – 0 баллов;
- ответ на один контрольный вопрос – 2 балла;
- ответ на два контрольных вопроса – 4 балла;
- ответ на три контрольных вопроса – 6 баллов;
- ответ на четыре контрольных вопроса – 10 баллов.

Предусмотрено выполнение 4 лабораторных работ. Максимальное количество баллов – 40.

### Самостоятельная работа

Баллы 0-20.

Оформление отчетов по лабораторным работам в рукописной и/или печатной форме с представлением численных расчетов, графиков, результатов компьютерного моделирования, рисунков, фотографий - 0-20 баллов.

Критерии оценки:

Правильность оформления отчета.

- отчет оформлен с грубым нарушением предъявляемых требований – 0 баллов;
- отчет оформлен с незначительными нарушениями предъявляемых требований – 3 балла;
- отчет оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями – 5 баллов.

### **Промежуточная аттестация**

Баллы 0-40.

Промежуточная аттестация выставляется по совокупности всех выполненных лабораторных работ.

Критерии оценки:

Количество зачтенных лабораторных работ. За одну зачтенную лабораторную работу выставляется 10 баллов.

При наличии 4 зачтенных лабораторных работ сумма баллов составляет максимальное число 40 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за лабораторные занятия студента за семестр по дисциплине «Оптика» составляет 100 баллов.

**Таблица 7.3.** Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Оптика» (лабораторные занятия) в оценку (зачет):

60 баллов и более	«зачтено»
59 баллов и менее	«не зачтено»

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Оптика»

### Литература:

1. Бутиков, Е.И. Оптика [Электронный ресурс] . - Москва : Лань, 2012. - 607 с.: (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1190-0 : Б. ц. ЭБС ЛАНЬ <http://e.lanbook.com/view/book/2764/> ✓
2. Ландсберг Г.С. Оптика. Издание 6-е. стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010 - 848 с. ISBN 978-5-9221-0324-5 ✓
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 4. Волны. Оптика. – Лань, 2011. 256 с. <http://e.lanbook.com/view/book/707/> ✓
4. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. [Электронный ресурс]. Москва: Лань. 2013. 336 с. ✓

### Интернет-ресурсы и программное обеспечение

#### Интернет-ресурсы:

1. Волновая оптика. Задачник-минимум [Электронный ресурс] : сборник задач по общему курсу физики / В. П. Рябухо. - Саратов : [б. и.], 2016. - 77 с. [http://elibrary.sgu.ru/uch\\_lit/1538.pdf](http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/1538.pdf)
2. Рябухо В.П. Сборник задач по общему курсу физики. Волновая оптика. – СГУ. Кафедра оптики и биофотоники. 2011. 100 с. <http://optics.sgu.ru/library/education>  
[http://library.sgu.ru/uch\\_lit/51.pdf](http://library.sgu.ru/uch_lit/51.pdf)
3. Видео лекции: Физика. Оптика. Видео лекции Физтеха: лекторий МФТИ. Лекции С.М. Козела. <http://lectoriy.mipt.ru/course/Physics-Optics-SMK-Lects/>  
[http://optics.sgu.ru/lectorium/optics\\_kozel](http://optics.sgu.ru/lectorium/optics_kozel)
4. Видео лекции: «Физика. Оптика». Видео лекции Физтеха: лекторий МФТИ. Овчинкин В.А. Дополнительные семинары. <http://lectoriy.mipt.ru/course/Physics-Optics-VAO-AdSems/>
5. Общий физический практикум. Оптика. <http://optics.sgu.ru/library/education/laboptics>
6. Федеральный портал "Российское образование", Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" – Оптика <http://window.edu.ru/catalog/>  
[http://window.edu.ru/app.php/catalog/resources?p\\_rubr=2.2.74.6.5](http://window.edu.ru/app.php/catalog/resources?p_rubr=2.2.74.6.5)

#### Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Операционные системы: OS MS Windows, MS Office 2007.
2. Веб-обозреватели: Microsoft Internet Explorer; Google Chrome; Mozilla Firefox; Opera; Safari, Yandex Browser.
3. Средства просмотра текстовых файлов: Adobe Reader; Djvureader.
4. Графические редакторы: Inkscape, Irfan View, ImageJ, OpenOffice Draw.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Оптика»

### 9.1. Лекционное материально-техническое обеспечение:

Комплекс приборов и устройств для физических демонстраций по оптике, кодоскоп для демонстраций оптического эксперимента, компьютер и мультимедийный проектор, цифровая камера.

Лекционный демонстрационный комплекс кафедры оптики и биофотоники физического факультета:

ЛДК-1.	Геометрическая оптика с лазерным пучком света. Расходящийся, сходящийся, параллельный, гомоцентрический пучки света. Собирающая и рассеивающие линзы. Отражение и преломление лазерного пучка. Полное внутреннее отражение. Прямоугольная призма, пентапризма и уголкового отражатель.
ЛДК-2.	Поперечность световой волны. Поляроид. Линейная поляризация пучка света He-Ne лазера.
ЛДК-3.	Изменение состояния поляризации лазерного пучка при отражении от диэлектрика. Отражение линейно поляризованного лазерного пучка под углом Брюстера. Изменение состояния поляризации лазерного пучка при полном внутреннем отражении. Превращение циркулярно поляризованного пучка в эллиптически поляризованный. Частичная и полная поляризация света при отражении от поверхности диэлектрика. Угол Брюстера.
ЛДК-4.	Преобразование линейно поляризованного лазерного пучка в циркулярно поляризованный пучок. Кристаллическая фазовая пластинка $\lambda/4$ . Пластинка $\lambda/2$ .
ЛДК-5.	Поляризационные призмы Николя, Волластона. Поляроид.
ЛДК-6.	Интерференция поляризованных волн. Анизотропные пластины между поляроидами. Наведенная анизотропия. Фотоупругость.
ЛДК-7.	Интерференция света. Интерферометр Майкельсона с монохроматическим (лазерным) источником света. Интерференция сферических и плоских монохроматических волн. Полосы равной толщины и равного наклона в лазерном излучении.
ЛДК-8.	Интерферометр Майкельсона с протяженным источником белого света. Эффекты пространственной локализации полос. Влияние временной и пространственной когерентности.
ЛДК-9.	Интерференционный опыт Юнга с лазерным и протяженным тепловым источниками света. Влияние пространственной когерентности. (Использование специального дифракционного оптического элемента).
ЛДК-10.	Дифракция лазерного пучка света на круглом отверстии. Дифракция Френеля и Фраунгофера (дифракция ближнего и

	дальнего поля). Зонная пластинка Френеля. Линза Френеля.
ЛДК-11.	Дифракция лазерного пучка на одной и двух щелях (дифракция Фраунгофера). Дифракционные решетки в красном и зеленом лазерных пучках света. Амплитудные, фазовые и отражающие дифракционные решетки. Одномерные и двухмерные дифракционные решетки. Объемная дифракционная решетка. Дифракция Бреггов-Вульфа.
ЛДК-12.	Дифракционные оптические элементы. Пропускающие голограммы. Голограммы Денисюка. Радужные голограммы. Голографическая интерферометрия.
ЛДК-13.	Дисперсия света и вещества. Разложение пучка белого света на спектральные составляющие. Преломление красного и зеленого лазерных пучков света.
ЛДК-14.	Рассеяние света мутными средами. Рассеяние линейно поляризованного лазерного пучка. Поляризация рассеянного света.

**Лекционный демонстрационный комплекс по оптике коллекции физического факультета:**

ЛД4.1.	Поляризаторы и анализаторы.
ЛД4.2.	Двойное лучепреломление в кристаллах исландского шпата.
ЛД4.3.	Двойное лучепреломление в некристаллических телах.
ЛД4.4.	Полное внутреннее отражение.
ЛД4.5.	Хроматическая поляризация.
ЛД4.6.	Искусственная анизотропия.
ЛД4.7.	Бипризма Френеля.
ЛД4.8.	Полосы равной толщины (кольца Ньютона, мыльные пленки).
ЛД4.10.	Дифракция от одной щели.
ЛД4.11.	Дифракция на краю экрана.
ЛД4.12.	Дифракционные решетки.
ЛД4.13.	Голограмма.

## 9.2. Лабораторные работы физического практикума по оптике

### Геометрическая оптика

*Лабораторная работа № 1.* Измерение фокусных расстояний линз при помощи малой оптической скамьи.

*Лабораторная работа № 2.* Измерение параметров фотообъектива при помощи большой оптической скамьи.

### Рефрактометрия, фотометрия, спектральный анализ

*Лабораторная работа №1.* Определение показателя преломления жидкости при помощи рефрактометра ИРФ-22.

*Лабораторная работа №2.* Основы фотометрии.

*Лабораторная работа №3.* Изучение поглощения света с помощью фотометров ФЭК-56ПМ и ФМ-56.

*Лабораторная работа № 4.* Изучение дисперсии света с помощью спектрогониометра.

*Лабораторная работа №5.* Качественный спектральный анализ с помощью монохроматора УМ-2.

### **Поляризация света**

*Лабораторная работа № 1.* Изучение эффекта вращения плоскости поляризации.

*Лабораторная работа № 2.* Исследование эллиптически поляризованного света.

### **Учебно-исследовательские работы**

Поляризационная оптика жидких кристаллов:

*Лабораторная работа № 1.* Изучение характеристик эллиптически поляризованного света и явления, управляемого полем двулучепреломления в жидких кристаллах.

*Лабораторная работа № 2.* Вращение плоскости поляризации света. Изучение твист-эффекта в жидких кристаллах.

*Лабораторная работа № 3.* Поглощение света. Изучение дихроизма света в жидких кристаллах.

### **Интерференция света**

*Лабораторная работа № 1.* Определение качества поверхности оптических деталей методом пробных стекол.

*Лабораторная работа № 2.* Определение длины волны света при наблюдении колец Ньютона.

*Лабораторная работа №3.* Изучение интерференции света от двух щелей. Измерение концентрации и показателя преломления растворов с помощью интерферометра ЛИР-2.

*Лабораторная работа № 4.* Изучение интерференции света от двух отверстий.

*Лабораторная работа № 5.* Изучение пространственной когерентности света в интерференционной схеме Юнга

*Лабораторная работа № 6.* Интерферометр Майкельсона с лазерным источником света.

### **Дифракция света**

*Лабораторная работа № 1.* Определение длины волны с помощью дифракционной решетки.

*Лабораторная работа № 2.* Изучение дифракции света на круглом отверстии.

*Лабораторная работа № 3.* Дифракция света на объемной дифракционной решетке.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»** профиль подготовки **«Инфокоммуникационные технологии в системах радиосвязи»**.

Программа одобрена на заседании кафедры оптики и биофотоники от 24 июня 2019 года, протокол №9/19.

Программа актуализирована и одобрена на заседании кафедры оптики и биофотоники от 14 сентября 2021 года, протокол №13/21.