

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 10.04.2025 10:27:51 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f506cb77a48609a878808522525	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Оптика" по направлению подготовки (специальности) "Физика" направления (профилю) Физика конденсированного состояния вещества ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)\***

**Оптика**

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика конденсированного состояния вещества

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2023

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2023 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Оптика» состоит в формировании у студентов единой, стройной, логически непротиворечивой физической картины окружающего нас мира природы, приобретение навыков решения и исследования конкретных физических задач.

Основные задачи дисциплины: изучение основных понятий волновой и квантовой оптики; изучение основных методов исследования в оптике; знакомство с некоторыми приложениями оптики.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физико-математических и (или) естественных наук.

ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физико-математических и (или) естественных наук.

ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, законов физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.12

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Электричество и магнетизм

Молекулярная физика

Механика

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Атомная физика

Лазерная физика

Полупроводниковые и оптоволоконные лазеры

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

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

**ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;**

#### **Знать:**

Для достижения ОПК-1.1: базовые понятия, модели, подходы к анализу физических явлений в рамках оптики; основы теории, принципы и методы оптики; методы теоретических и экспериментальных исследований в физике

#### **Уметь:**

Для достижения ОПК-1.2: использовать базовые теоретические знания по оптике; понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться основными понятиями, законами и моделями оптики; решать типовые задачи оптики

#### **Владеть:**

Для достижения ОПК-1.3: навыком решения конкретных физических задач; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

#### **3.1 Знать:**

3.1.1 базовые понятия, модели, подходы к анализу физических явлений в рамках оптики; основы теории, принципы и методы оптики; методы теоретических и экспериментальных исследований в физике

#### **3.2 Уметь:**

3.2.1 использовать базовые теоретические знания по оптике; понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться основными понятиями, законами и моделями оптики; решать типовые задачи оптики

#### **3.3 Владеть:**



3.3.1 | навыком решения конкретных физических задач; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану : 108 в том числе : аудиторные занятия : 68 самостоятельная работа : 11 часов на контроль : 18 контактная работа: 79 ИКР: 11	Виды контроля в семестрах:  экзамены 4

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

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
<b>Раздел 1. Геометрическая оптика</b>				
1.1	Предмет изучения оптики. Развитие представлений о природе света. Волновые и корпускулярные свойства света. Приближение геометрической оптики. Законы отражения и преломления света на границе прозрачных диэлектриков. Полное внутреннее отражение. Принцип Ферма. Преломление света на сферической поверхности. Линейное и угловое увеличение. Линзы. Фокус, фокальная плоскость, фокусное расстояние, оптическая сила. Формула тонкой линзы. Построение изображений в линзах. Центрированные оптические системы. /Лек/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
1.2	Решение задач. Преломление света в призме. Отражение света от сферической поверхности. Геометрическая и хроматическая аберрация. Устройство глаза и зрение. Фотометрические понятия и единицы. /Пр/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
1.3	Геометрическая оптика /Ср/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 2. Электромагнитные колебания и волны</b>				
2.1	Колебательный контур и уравнение колебаний. Свободные, затухающие, вынужденные электромагнитные колебания, резонанс. Частота, период, фазы колебаний. Уравнения Максвелла в отсутствие зарядов и токов. Волновое уравнение, электромагнитные волны. Плоская электромагнитная волна. Длина волны, групповая и фазовая скорости. Энергия и поток энергии электромагнитной волны. Бегущие и стоячие волны. Интерференция волн, когерентность. /Лек/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
2.2	Переход от волновой оптики к геометрической. /Пр/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
2.3	Электромагнитные колебания и волны /Ср/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 3. Интерференция световых волн</b>				



3.1	Опыт Юнга, условие максимумов и минимумов интерференционной картины. Пространственная и временная когерентность, влияние размеров источника света. Интерференция при делении волнового фронта: зеркала Френеля, бипризма Френеля, билинза Бийе, зеркало Ллойда. Полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона. Стоячие световые волны. Диэлектрические интерферирующие слои. Интерференция многих пучков; метод графического сложения амплитуд; главные и вторичные максимумы. /Лек/	4	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
3.2	Решение задач. Расчет интерференционной картины для зеркала Френеля и бипризмы Френеля. Двухлучевые интерферометры. Многолучевые интерферометры (пластинка Люммера-Герке, эталон Фабри-Перо). Интерференционные фильтры. /Пр/	4	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
3.3	Интерференция световых волн /Ср/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 4. Дифракция световых волн</b>				
4.1	Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Графическое сложение амплитуд и условие максимумов и минимумов дифракции. Дифракция от сферического отверстия и круглого препятствия. Зонная пластинка. Дифракция от параллельного пучка лучей. Распределение интенсивности света на экране при дифракции Фраунгофера от щели. Границы геометрической оптики, дифракции Френеля и дифракции Фраунгофера. Дифракционная решетка. Условие минимумов, главных и вторичных максимумов. Спектр дифракционной решетки; разрешающая способность, линейная и угловая дисперсия. /Лек/	4	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
4.2	Решение задач. Дифракция от непрозрачного края полуплоскости. Дифракция Фраунгофера от круглого отверстия. Дифракция от многомерной решетки. Дифракция рентгеновских лучей, формула Вульфа-Брэгга. Принципы создания голографических изображений. /Пр/	4	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
4.3	Дифракция световых волн /Ср/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 5. Поляризация света</b>				
5.1	Явление поляризации. Поляризаторы. Плоская, круговая, эллиптическая поляризация. Степень поляризации. Закон Малюса. Прохождение света через границу двух прозрачных сред. Вывод и анализ формул Френеля. Закон Брюстера. Явление двойного лучепреломления. Волновые поверхности обыкновенного и необыкновенного лучей. Интерференция поляризованных лучей, полуволновая и четвертьволновая пластинки. /Лек/	4	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
5.2	Решение задач. Поляризационные приборы. Кристаллическая пластинка между двумя поляризаторами. Искусственное двойное лучепреломление: механическая деформация, эффект Керра. Вращение плоскости поляризации. Эффект Фарадея. /Пр/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
5.3	Поляризация света /Ср/	4	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7



<b>Раздел 6. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом</b>				
6.1	Явление дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия. Элементарная теория дисперсии. Групповая скорость световых волн в веществе. Поглощение света, закон Бугера, коэффициент поглощения. Особенности поглощения света в газах, конденсированных средах, в растворах и в металлах. Рассеяние света, закон Рэлея. Поляризация при рассеянии. Мутные среды, молекулярное рассеяние. /Лек/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
6.2	Комбинационное рассеяние. Оптика движущихся сред. Эффект Доплера (продольный и поперечный) для электромагнитных волн. Эффект Вавилова-Черенкова. /Пр/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
6.3	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом /Ср/	4	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 7. Квантовые свойства света</b>				
7.1	Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана, закон Вина. Спектр теплового излучения, формула Рэлея-Джинса, формула Планка. Фотоэффект, законы фотоэффекта. Фотоны, формула Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона. Импульс фотонов и давление света. Уровни энергии в атоме, переходы, поглощение и испускание фотонов. Спонтанные и вынужденные переходы. Общее устройство и принципы работы лазеров. /Лек/	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
7.2	Решение задач. Оптическая пирометрия. Тормозное рентгеновское излучение. Опыт Боте. Газовые, твердотельные, полупроводниковые лазеры. Лазеры на красителях. Нелинейные оптические эффекты. Нелинейная поляризация среды. Генерация вторых гармоник. Самофокусировка. /Пр/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
7.3	Квантовые свойства света /Ср/	4	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7
<b>Раздел 8. Иная контактная работа</b>				
8.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	4	11	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Отчет по практическим заданиям.

Контрольные вопросы.

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации представлены в Приложении 1.

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации представлены в Приложении 2.

### 6.4. Критерии оценивания

На экзамене студенту предлагается ответить на два теоретических вопроса и решить две практических задачи. При ответе студент получает оценку:

«отлично» – за развернутый ответ с примерами и пояснениями на все теоретические вопросы и полностью решены и



расписаны по действиям все задачи;  
«хорошо» – за развернутый ответ с примерами и пояснениями на все теоретические вопросы и полностью решена и  
расписана по действиям хотя бы одна задача, либо полное решение двух задач и неполный ответ на теоретические вопросы;  
«удовлетворительно» - дан четкий логичный ответ на теоретические вопросы и любые логичные пояснения по задачам,  
либо полный ответ на один теоретический вопрос и решение одной задачи (частичное (не менее 50% решения задачи) или  
полное в зависимости от сложности задачи), либо почти полное (не менее 80% решения для каждой задачи) решение обеих  
задач;  
«неудовлетворительно» - за выполнение менее 50% заданий, за исключением случая почти полного (не менее 80% решения  
для каждой задачи) решения обеих задач.

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

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Сивухин Д. В.	Общий курс физики. [Т. 4] : Оптика: учебное пособие для вузов	Москва : Наука, 1980	
Л1.2	Иродов И. Е.	Задачи по общей физике: учебное пособие для вузов ( <a href="https://e.lanbook.com/book/152437">https://e.lanbook.com/book/152437</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2021	ЭБС
Л1.3	Савельев И. В.	Волны. Оптика ( <a href="https://e.lanbook.com/book/187737">https://e.lanbook.com/book/187737</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л1.4	Савельев И. В.	Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц ( <a href="https://e.lanbook.com/book/206909">https://e.lanbook.com/book/206909</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Ландсберг Г. С.	Оптика: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485257">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485257</a> )	Москва : Физматлит, 2017	ЭБС
Л2.2	Бутиков Е. И.	Оптика ( <a href="https://e.lanbook.com/book/210761">https://e.lanbook.com/book/210761</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.3	Калашников Н. П., Кожевников Н. М., Котырло Т. В., Спирин Г. Г.	Практикум по решению задач по общему курсу физики. Колебания и волны. Оптика ( <a href="https://e.lanbook.com/book/211400">https://e.lanbook.com/book/211400</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС

#### 7.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л3.1		Физическая оптика: практическое пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=116429">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=116429</a> )	Москва : Наука, 1970	ЭБС
Л3.2	Сарина М. П., Холявко В. Н.	Волновая и квантовая оптика: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=576508">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=576508</a> )	Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019	ЭБС

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
Э2	ЭБС издательства «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Э3	ЭБС издательства «Инфра-М» <a href="http://znanium.com/">znanium.com</a> <a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>
Э4	ЭБС «Юрайт» <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
Э5	Научная электронная библиотека Российской Академии Наук <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>



Э6 Научные и научно-популярные лекции <http://elementy.ru>

Э7 Учебно-методический сайт «Преподавателям и студентам» <http://teachmen.csu.ru>

### 7.3 Перечень информационных технологий

#### 7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader

WinDjView

LibreOffice

Adobe Connect Acrobat

LMS Moodle

MS Office365

#### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992.

2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.

3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

6. Конспекты лекций с демонстрациями и виртуальными лабораторными экспериментами на сайте <http://teachmen.csu.ru>

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

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).

Используется электронный читальный зал научной библиотеки ЧелГУ (аудитория 206) для самостоятельной работы студента, оснащенный персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудитории обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины «Оптика» осуществляется на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме. Практические занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. На практических занятиях обучаемые овладевают основными методами и приемами решения задач.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение



семестра.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

#### **10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и голо информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «E1Braile-W14J G2»; ноутбуки с программной экранного доступа NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой Clever с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме шрифтом Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.



Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий (Moodle, Adobe Connect Pro и пр.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используется индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации направлены на индивидуализацию обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

- а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);
- б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);
- в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Примеры вариантов заданий к практическим занятиям  
Геометрическая оптика

**Базовый уровень**

1	Световой пучок выходит из стекла в воздух. Что происходит при этом со скоростью их распространения, частотой электромагнитных колебаний световой волне, длиной волны?	<b>скорость увеличивается частота не изменилась длина волны увеличилась</b>
2	На дне водоема, глубина которого 2 м, находится предмет. На какой глубине увидит этот предмет наблюдатель, который смотрит на него сверху перпендикулярно поверхности воды? Показатель преломления $n=1,33$ .	<b>1,5 м</b>
3	В дно водоема глубиной 2 м вбита свая, на 0,5 м выступающая из воды. Найдите длину тени от сваи на дне водоема при угле падения $60^\circ$ .	<b>2,6 м</b>
4	Величина прямого изображения предмета вдвое больше самого предмета. Расстояние между предметом и изображением равно 20 см. Чему равно фокусное расстояние собирающей линзы?	<b>0,4 м</b>

**Средний уровень**

- Для некоторой длины волны показатель преломления плоскопараллельной прозрачной пластинки изменяется от значения  $n_1=1,40$  на одной из поверхностей до  $n_2=1,60$  на другой. Толщина пластинки  $d=10,0$  мм. Какое время  $t$  затрачивает свет на прохождение пластинки в перпендикулярном к ней направлении? ( $0,5 \cdot 10^{-10}$  с)
- Имеется однородно светящийся диск радиуса  $R$ , яркость которого  $L=L_0 \cos \vartheta$  ( $L_0$  — константа, равная  $1,00 \cdot 10^3$  кд/м<sup>2</sup>,  $\vartheta$  — угол с нормалью к поверхности). Найти световой поток  $\Phi$ , испускаемый диском. ( $\Phi=2L_0\pi^2R^2/3$ )
- Два плоских прямоугольных зеркала образуют двугранный угол  $\varphi=179^\circ$ . На расстоянии  $l=10$  см от линии соприкосновения зеркал и на одинаковом расстоянии от каждого зеркала находится точечный источник света. Определить расстояние  $d$  между мнимыми изображениями источника в зеркалах. (3,5 мм)
- Вогнутое сферическое зеркало дает на экране изображение предмета, увеличенное в  $\Gamma=4$  раза. Расстояние  $a$  от предмета до зеркала равно 25 см. Определить радиус  $R$  кривизны зеркала. (0,4 м)
- Фокусное расстояние  $f$  вогнутого зеркала равно 15 см. Зеркало дает действительное изображение предмета, уменьшенное в три раза. Определить расстояние  $a$  от предмета до зеркала. (60 см)

**Высокий уровень**

1. Вогнутое зеркало дает на экране изображение Солнца в виде кружка диаметром  $d=28$  мм. Диаметр Солнца на небе в угловой мере  $\beta=32'$ . Определить радиус  $R$  кривизны зеркала. (6,02 м)
2. Радиус  $R$  кривизны выпуклого зеркала равен 50 см. Предмет высотой  $h=15$  см находится на расстоянии  $a$ , равном 1 м, от зеркала. Определить расстояние  $b$  от зеркала до изображения и его высоту  $H$ . (20 см, 3 см)
3. Луч падает под углом  $\varepsilon=60^\circ$  на стеклянную пластинку толщиной  $d=30$  мм. Определить боковое смещение  $\Delta x$  луча после выхода из пластинки. (15,36 мм)
4. Пучок параллельных лучей падает на толстую стеклянную пластину под углом  $\varepsilon=60^\circ$ , и преломляясь переходит в стекло. Ширина  $a$  пучка в воздухе равна 10 см. Определить ширину  $b$  пучка в стекле. (16,25 см)
5. На стеклянную призму с преломляющим углом  $\theta=60^\circ$  падает луч света. Определить показатель преломления  $n$  стекла, если при симметричном ходе луча в призме угол отклонения  $\sigma=40^\circ$ . (1,53)

## Электромагнитные колебания и волны

### Базовый уровень

1	Логарифмическим декрементом затухания называется физическая величина ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. обратная промежутку времени, за который амплитуда колебания уменьшается в <math>e</math> раз</li> <li>2. показывающая, во сколько раз амплитуда колебания уменьшается за период</li> <li>3. показывающая, во сколько раз напряжение на конденсаторе в резонансе больше напряжения, подводимого к контуру</li> <li><b>4. обратная числу периодов, в течение которых амплитуда колебания уменьшается в <math>e</math> раз</b></li> <li>5. правильный ответ не приведен</li> </ol>
2	Под циклической (круговой) частотой колебания следует понимать ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. время одного полного колебания</li> <li>2. число колебаний в единицу времени</li> <li>3. величину, обратную промежутку времени, за который амплитуда колебаний уменьшится в <math>e</math> раз</li> <li><b>4. число колебаний за 6.28 секунд</b></li> <li>5. правильный ответ не приведен...</li> </ol>
3	Амплитуда затухающего электрического колебания теоретически уменьшается от начального значения до нуля в течение времени, равного ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. периоду колебаний</li> <li>2. времени релаксации</li> <li><b>3. бесконечности</b></li> <li>4. определенному промежутку времени, различному для разных контуров</li> <li>5. правильный ответ не приведен</li> </ol>
4	Декрементом затухания называется физическая величина ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. показывающая, во сколько раз напряжение на конденсаторе в резонансе больше напряжения, подводимого к контуру</li> <li>2. обратная числу периодов, в течение</li> </ol>

		<p>которых амплитуда уменьшается в <math>e</math> раз</p> <p>3. обратная промежутку времени, за который амплитуда колебаний уменьшается в <math>e</math> раз</p> <p><b>4. показывающая, во сколько раз амплитуда колебания уменьшается за период</b></p> <p>5. показывающая, во сколько раз амплитуда колебания уменьшается за одну секунду</p> <p>6. правильный ответ не приведен</p>
5	Коэффициентом затухания называется физическая величина ...	<p>1. показывающая, во сколько раз напряжение на конденсаторе в резонансе больше напряжения, подводимого к контуру</p> <p>2. обратная числу периодов, в течение которых амплитуда колебания уменьшается в <math>e</math> раз</p> <p><b>3. обратная промежутку времени, за который амплитуда колебания уменьшается в <math>e</math> раз</b></p> <p>4. показывающая, во сколько раз амплитуда колебаний уменьшается за период</p> <p>5. правильный ответ не приведен</p>

### *Средний уровень*

1. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна с  $\omega$  порядка  $10^{10} \text{ с}^{-1}$ . Амплитуда электрического вектора волны  $E_m = 0,775 \text{ В/м}$ . На пути волны располагается поглощающая волну поверхность, имеющая форму полусферы радиуса  $r = 0,632 \text{ м}$ , обращенная своей вершиной в сторону распространения волны. Какую энергию  $W$  поглощает эта поверхность за время  $\tau = 1,00 \text{ с}$ ? (1 мДж)
2. Электромагнитная волна, излучаемая элементарным диполем, распространяется в вакууме. В волновой зоне на луче, проведенном из диполя перпендикулярно к его оси, в точке, находящейся на расстоянии  $r = 1,00 \text{ м}$  от диполя, амплитуда напряженности электрического поля  $E_m = 1,00 \text{ мВ/м}$ . Вычислить мощность  $P$  излучения диполя (т.е. энергию, излучаемую диполем в единицу времени по всем направлениям). (11 Вт)
3. Найти число возможных собственных колебаний столба воздуха в трубе, частоты которых меньше  $\nu_0 = 1250 \text{ Гц}$ . Длина трубы  $l = 85 \text{ см}$ . Скорость звука  $v = 340 \text{ м/с}$ . Труба открыта с обоих концов. (6)
4. На пути плоской звуковой волны, распространяющейся в воздухе, находится шар радиуса  $R = 50 \text{ см}$ . Длина звуковой волны  $\lambda = 20 \text{ см}$ , частота  $\nu = 1700 \text{ Гц}$ , амплитуда колебаний давления в воздухе  $(\Delta p)_m = 3,5 \text{ Па}$ . Найти средний за период колебания поток энергии, падающей на поверхность шара. (0,01094 Вт)

### *Высокий уровень*

1. В однородной среде распространяется плоская упругая волна вида  $\xi = a e^{-\gamma x} (\omega t - kx)$ , где  $a$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$  и  $k$  — постоянные. Найти разность фаз колебаний в точках, где амплитуды смещения частиц среды отличаются друг от друга на  $\eta = 1,0\%$ , если  $\gamma = 0,42 \text{ м}^{-1}$  и длина волны  $\lambda = 50 \text{ см}$ . (0,3 рад)

2. Изотропный точечный источник, звуковая мощность которого  $P = 0,10$  Вт, находится в центре круглого полого цилиндра радиуса  $R = 1,0$  м и высоты  $h = 2,0$  м. Полагая, что стенки цилиндра полностью поглощают звук, найти средний поток энергии, падающий на боковую поверхность цилиндра. (0,071 Вт)

3. Найти число возможных собственных колебаний столба воздуха в трубе, частоты которых меньше  $\nu_0 = 1250$  Гц. Длина трубы  $l = 85$  см. Скорость звука  $v = 340$  м/с. Труба закрыта с одного конца. (6)

4. На расстоянии  $r = 100$  м от точечного изотропного источника звука частоты 200 Гц уровень громкости  $L = 50$  дБ. Порог слышимости на этой частоте соответствует интенсивности звука  $I_0 = 0,10$  нВт/м<sup>2</sup>. Коэффициент затухания звуковой волны  $\gamma = 5,0$  м<sup>-1</sup>. Найти звуковую мощность источника. (1,4 В)

## Интерференция световых волн

### Базовый уровень

1	Какие условия являются необходимыми для наблюдения устойчивой интерференционной картины?	1. Одинаковые амплитуды <b>2. Одинаковые частоты</b> 3. Одинаковые фазы <b>4. Постоянная разность фаз</b>
2	Разность хода двух интерференционных волн монохроматического света равна четверти длины волны. Определите в градусах разность фаз колебаний.	<b>90°</b>
3	На экран от точечного источника, находящегося от него на очень большом расстоянии, падает свет с длиной волны 580 нм. В экране имеются две параллельные щели на расстоянии 100 мкм одна от другой. Определите расстояние между двумя соседними полосами интерференционных максимум, наблюдаемых на экране, расположенном параллельно экрану на расстоянии 1 м от него.	<b>5,8 мм</b>
4	Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга 0,5 мм. Щели освещают монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм. Определите расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос равна 1,2 м	<b>1 м</b>
5	Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, и наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны	<b>1,48</b>

	линзы 4 м. Определите показатель преломления жидкости, если радиус второго светлого кольца 1,8 мм.	
--	--	--

### **Средний уровень**

1. Расстояние  $d$  между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние  $l$  от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны  $\lambda$ , испускаемой источником монохроматического света, если ширина  $b$  полос интерференции на экране равна 1,5 мм. (0,5 мкм)
2. В опыте Юнга расстояние  $d$  между щелями равно 0,8 мм. На каком расстоянии  $l$  от щелей следует расположить экран, чтобы ширина  $b$  интерференционной полосы оказалась равной 2 мм? (2,5 м)
3. На экране наблюдается интерференционная картина от двух когерентных источников света с длиной волны  $\lambda=480$  нм. Когда на пути одного из пучков поместили тонкую пластинку из плавленого кварца с показателем преломления  $n=1,46$ , то интерференционная картина сместилась на  $m=69$  полос. Определить толщину  $d$  кварцевой пластинки. (72 мкм)
4. Угловой диаметр звезды Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона) равен 0,047 угловой секунды. Чему равен радиус когерентности  $\rho_{\text{ког}}$  света, приходящего на Землю от этой звезды? (2,98 м)
5. Клиновидная пластинка ширины  $a=100,0$  мм имеет у одного края толщину  $b_1=0,358$  мм, а у другого  $b_2=0,381$  мм. Показатель преломления пластинки  $n=1,50$ . Под углом  $\vartheta=30^\circ$  к нормали на пластинку падает пучок параллельных лучей. Длина волны падающего света  $\lambda=655$  нм (красный цвет). Определить ширину  $\Delta x$  интерференционных полос (измеренную в плоскости пластинки), наблюдаемых в отраженном свете, для случая, когда степень монохроматичности света  $\lambda/\Delta\lambda$  равна 5000. (1 мм)

### **Высокий уровень**

1. Расстояния от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана равны соответственно  $a = 25$  см и  $b = 100$  см. Бипризма стеклянная с преломляющим углом  $\theta = 20'$ . Найти длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране  $\Delta x = 0,55$  мм. (0,6 мкм)
2. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на расстояние  $d = 2,5$  мм. На экране, расположенном за диафрагмой на  $l = 100$  см, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в какую сторону сместятся эти полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщины  $h = 10$  мкм? (2 мм и сместится в сторону щели со стеклянной пластинкой)
3. Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления 1,33, при которой свет с длиной волны 0,64 мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 0,40 мкм не отражается совсем. Угол падения света равен  $30^\circ$ . (0,65 мкм)
4. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны  $R = 40$  см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца  $r = 2,5$  мм. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на  $\Delta h = 5,0$  мкм. Каким стал радиус этого кольца? (1,5 мм)
5. На вершине сферической поверхности плоско-выпуклой стеклянной линзы имеется сошлифованный плоский участок радиуса  $r_0 = 3,0$  мм, которым она соприкасается со стеклянной пластинкой. Радиус кривизны выпуклой поверхности линзы  $R = 150$  см. Найти радиус шестого светлого кольца при наблюдении в отраженном свете с длиной волны  $\lambda = 655$  нм. (3,795 мм)

## Дифракция световых волн

### Базовый уровень

1	При освещении точечным монохроматическим светом круглого отверстия очень малого радиуса на экране наблюдается дифракционная картина. В центре картины...	<p><b>1. размещается светлое пятно</b></p> <p>2. размещается темное пятно</p> <p><b>3. при постепенном увеличении радиуса отверстия освещенность в центре сначала увеличивается, затем убывает почти до нуля, затем вновь увеличивается и т.д.</b></p> <p>4. при постепенном увеличении радиуса отверстия освещенность в центре увеличивается и достигает максимального значения</p>
2	Определите радиус третьей зоны Френеля для случая плоской волны. Расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения 1,5 м. Длина волны 0,6 мкм.	<b>1,64 мм</b>
3	На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 0,5 мкм. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном параллельно щели. Определите расстояние от щели до экрана, если ширина центрального максимума 1 см.	<b>1 м</b>
4	На диафрагму с круглым отверстием диаметром $d=4$ мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света ( $\lambda=0,5$ мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $b=1$ м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии?	<b>8</b>
5	Дифракционная решетка содержит $n=200$ штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$ мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?	<b>7</b>

### Средний уровень

- На дифракционную решетку с периодом  $d=10$  мкм под углом  $\alpha=30^\circ$  падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda=600$  нм. Определить угол  $\varphi$  дифракции, соответствующий второму главному максимуму. ( $38,3^\circ$ )
- Дифракционная картина получена с помощью дифракционной решетки длиной  $l=1,5$  см и периодом  $d=5$  мкм. Определить, в спектре какого наименьшего порядка этой

картины получатся отдельные изображения двух спектральных линий с разностью длин волн  $\Delta\lambda=0,1$  нм, если линии лежат в крайней красной части спектра ( $\lambda\approx 760$  нм). (3)

3. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения ( $\lambda=147$  пм). Определить расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом  $\theta=31^\circ 30'$  к поверхности кристалла. (1,933 нм)

4. Какова длина волны  $\lambda$  монохроматического рентгеновского излучения, падающего на кристалл кальцита, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается, когда угол  $\theta$  между направлением падающего излучения и гранью кристалла равен  $3^\circ$ ? Расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла принять равным  $0,3$  нм. (31,2 пм)

5. Точечный источник света с длиной волны  $\lambda = 0,50$  мкм расположен на расстоянии  $a = 100$  см перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса  $r = 1,0$  мм. Найти расстояние  $b$  от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии составляет  $k = 3$ . (2)

### **Высокий уровень**

1. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого  $r$  можно менять в процессе опыта. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны  $a = 100$  см и  $b = 125$  см. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при  $r_1 = 1,00$  мм и следующий максимум при  $r_2 = 1,29$  мм. (597,7 нм)

2. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на круглое отверстие. На расстоянии  $b = 9,0$  м от него находится экран, где наблюдают некоторую дифракционную картину. Диаметр отверстия уменьшили в  $\eta = 3,0$  раза. Найти новое расстояние  $b'$ , на котором надо поместить экран, чтобы получить на нем дифракционную картину, подобную той, что в предыдущем случае, но уменьшенную в  $\eta$  раз. (1 м)

3. Точечный источник монохроматического света расположен перед зонной пластинкой на расстоянии  $a = 1,5$  м от нее. Изображение источника образуется на расстоянии  $b = 1,0$  м от пластинки. Найти фокусное расстояние зонной пластинки. (0,6 м)

4. Свет с длиной волны  $\lambda = 0,50$  мкм падает на щель ширины  $b = 10$  мкм под углом  $\theta_0 = 30^\circ$  к ее нормали. Найти угловое положение первых минимумов, расположенных по обе стороны центрального фраунгоферова максимума. ( $26^\circ 45'$ )

5. Свет, содержащий две спектральные линии с длинами волн  $600,000$  и  $600,050$  нм, падает нормально на дифракционную решетку ширины  $10,0$  мм. Под некоторым углом дифракции  $\theta$  эти линии оказались на пределе разрешения (по критерию Рэлея). Найти  $\theta$ . ( $46,059^\circ$ )

6. При прохождении пучка рентгеновских лучей с  $\lambda = 17,8$  пм через поликристаллический образец на экране, расположенном на расстоянии  $l = 15$  см от образца, образуется система дифракционных колец. Определить радиус светлого кольца, соответствующего второму порядку отражения от системы плоскостей с межплоскостным расстоянием  $d = 155$  пм. (0,035 м)

## **Поляризация света**

### **Базовый уровень**

1	Определите степень поляризации частично поляризованного света, если амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в 3 раза больше	0,8
---	--	-----

	амплитуды, соответствующей его минимальной интенсивности.	
2	Определите во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, главные плоскости которых образуют угол в $60^\circ$ , если каждый из николей как поглощает, так и отражает 5% падающего на них света.	9,88
3	Пучок естественного света падает на стеклянную призму с углом $30^\circ$ . Определите показатель преломления стекла, если отраженный луч является плоскополяризованным.	1,73
4	Пучок света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом $\varepsilon_1=54^\circ$ . Определить угол преломления $\varepsilon_2'$ пучка, если отраженный пучок полностью поляризован.	$36^\circ$
5	Анализатор в $k=2$ раза уменьшает интенсивность света, приходящего к нему от поляризатора. Определить угол $\alpha$ между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора. Потерями интенсивности света в анализаторе пренебречь.	$45^\circ$

### **Средний уровень**

1. Угол  $\alpha$  между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до  $60^\circ$ ? (в 2 раза)
2. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол  $\alpha=30^\circ$ , если в каждом из николей в отдельности теряется 10 % интенсивности падающего на него света? (3,29)
3. В частично-поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в  $n=2$  раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить степень поляризации  $P$  света. (1/3)
4. Пластинку кварца толщиной  $d_1=2$  мм, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол  $\varphi=53^\circ$ . Определить толщину  $d_2$  пластинки, при которой данный монохроматический свет не проходит через анализатор. (3,4 мм)
5. На пути частично-поляризованного света, степень поляризации  $P$  которого равна 0,6, поставили анализатор так, что интенсивность света, прошедшего через него, стала максимальной. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, если плоскость пропускания анализатора повернуть на угол  $\alpha=30^\circ$ ? (1,23)

### **Высокий уровень**

1. Линейно поляризованный световой пучок падает на поляризатор, вращающийся вокруг оси пучка с угловой скоростью  $\omega = 21$  рад/с. Найти световую энергию, проходящую через поляризатор за один оборот, если поток энергии в падающем пучке  $\Phi_0 = 4,0$  мВт. (0,6 мДж)
2. Пучок естественного света падает на систему из  $N = 6$  николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол  $\varphi = 30^\circ$  относительно плоскости пропускания предыдущего николя. Какая часть светового потока проходит через эту систему? (0,12)
3. Степень поляризации частично поляризованного света  $P = 0,25$ . Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей. (0,333)
4. На пути частично поляризованного пучка поместили николю. При повороте николя на угол  $\varphi = 60^\circ$  из положения, соответствующего максимуму пропускания света, интенсивность прошедшего света уменьшилась в  $\eta = 3,0$  раза. Найти степень поляризации падающего света. (0,8)
5. На поверхность воды под углом Брюстера падает пучок плоскополяризованного света. Плоскость колебаний светового вектора составляет угол  $\varphi = 45^\circ$  с плоскостью падения. Найти коэффициент отражения. (0,039)

### Взаимодействие электромагнитных волн с веществом

#### Базовый уровень

1	При прохождении в некотором веществе пути $l$ интенсивность света $I$ уменьшается в два раза. Во сколько раз уменьшится $I$ при прохождении пути $3l$ ?	<b>1/8</b>
2	Во сколько раз интенсивность молекулярного рассеяния синего света ( $\lambda=460$ нм) превосходит интенсивность рассеяния красного света ( $\lambda=650$ нм)?	<b>3,254</b>
3	Найти концентрацию свободных электронов ионосферы, если для радиоволн с частотой $\nu = 100$ МГц ее показатель преломления $n = 0,90$ .	<b><math>2,4 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}</math></b>

#### Средний уровень

1. В земных условиях длина волны испускаемой атомарным водородом спектральной линии  $H_\alpha$  равна  $\lambda=656$  нм. При измерении длины волны этой линии в излучении, приходящем от диаметрально противоположных краев солнечного диска, было обнаружено различие, составляющее  $\Delta\lambda=0,0088$  нм. Воспользовавшись этими данными, найти период  $T$  обращения Солнца вокруг его оси. (25 суток)
2. Внесший большой вклад в развитие оптики известный американский физик Роберт Вуд очень любил шутку и розыгрыш. С его именем связано много легенд. Согласно одной из них Вуд однажды, управляя автомобилем, проехал на красный свет. Остановившему его полицейскому Вуд объяснил свой проступок тем, что вследствие эффекта Доплера красный свет ему показался зеленым. Полицейский тоже любил шутку. Поэтому он согласился принять версию Вуда, однако оштрафовал его за превышение скорости.

Требуется найти скорость автомобиля  $v$ , при которой красный свет с длиной волны 690 нм был бы воспринят водителем как зеленый с длиной волны 530 нм. ( $7,7 \cdot 10^7$  м/с)

3. Космический корабль удаляется от Земли со скоростью  $v=10$  км/с. Частота  $\nu_0$  электромагнитных волн, излучаемых антенной корабля, равна 30 МГц. Определить доплеровское смещение  $\Delta\nu$  частоты, воспринимаемой приемником. (меньше на 1 кГц)

### Высокий уровень

1. Имея в виду, что для достаточно жестких рентгеновских лучей электроны вещества можно считать свободными, определить, на сколько отличается от единицы показатель преломления графита для рентгеновских лучей с длиной волны в вакууме  $\lambda = 50$  пм. ( $-8 \cdot 10^{-7}$ )

2. При какой предельной скорости  $v$  (в долях скорости света) источника можно вместо релятивистской формулы  $\nu = \nu_0 \cdot \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}$  для эффекта Доплера пользоваться приближенным выражением  $\nu \approx \nu_0(1-\beta)$ , если погрешность в определении частоты не должна превышать 1 %? (0,14с)

3. При изучении спектра излучения некоторой туманности линия излучения водорода ( $\lambda_\alpha = 656,3$  нм) оказалась смещенной на  $\Delta\lambda = 2,5$  нм в область с большей длиной волны (красное смещение). Найти скорость  $v$  движения туманности относительно Земли и указать, удаляется она от Земли или приближается к ней. (удаляется со скоростью  $1,14 \cdot 10^6$  м/с)

4. Рассказывают, что известный физик Роберт Вуд, проехав однажды на автомашине на красный свет светофора, был остановлен блюстителем порядка. Роберт Вуд, сославшись на эффект Доплера, уверял, что он ехал достаточно быстро и красный свет светофора для него изменился на зеленый. Оценить скорость  $v$ , с которой должна была бы двигаться автомашина, чтобы красный сигнал светофора ( $\lambda_1 = 650$  нм) воспринимался как зеленый ( $\lambda_2 = 550$  нм). ( $5 \cdot 10^7$  м/с)

## Квантовые свойства света

### Базовый уровень

1	От каких параметров зависит величина тока насыщения?	1. от частоты облучающего света <b>2. от мощности облучаемого света</b> 3. от скорости вылетающих электронов 4. от свойств вещества фотокатода
2	От каких параметров зависит работа выхода при фотоэффекте?	1. от частоты облучающего света 2. от мощности облучаемого света 3. от скорости вылетающих электронов <b>4. от свойств вещества фотокатода</b>
3	Сколько фотонов излучения с длиной волны 520 нм в вакууме будут иметь энергию 1 мДж?	<b><math>26 \cdot 10^{14}</math></b>
4	Пучок электронов, пройдя через узкую щель, создает такую же дифракционную картину, как и монохроматическое излучение с длиной волны 55 нм. Какова скорость электронов?	<b>13,3 км/с</b>
5	До какого максимального потенциала зарядится удаленный от других тел медный шарик при облучении его	<b>4,5 В</b>

электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 140$ нм?	
--	--

### **Средний уровень**

1. Имеется два абсолютно черных источника теплового излучения. Температура одного из них  $T_1 = 2500$  К. Найти температуру другого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его испускательной способности, на  $\Delta\lambda = 0,50$  мкм больше длины волны, соответствующей максимуму испускательной способности первого источника. (1,75 кК)
2. Энергетическая светимость абсолютно черного тела  $M_3 = 3,0$  Вт/см<sup>2</sup>. Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела. ( $3,4 \cdot 10^{-6}$  м)
3. Медный шарик диаметра  $d = 1,2$  см поместили в откачанный сосуд, температура стенок которого поддерживается близкой к абсолютному нулю. Начальная температура шарика  $T_0 = 300$  К. Считая поверхность шарика абсолютно черной, найти, через сколько времени его температура уменьшится в  $\eta = 2,0$  раза. (3 ч)
4. Найти с помощью формулы Планка мощность излучения единицы поверхности абсолютно черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн  $\Delta\lambda = 1,0$  нм вблизи максимума спектральной плотности излучения, при температуре тела  $T = 3000$  К. ( $3,12$  кВт/м<sup>2</sup>)
5. Фотон с энергией  $h\omega = 250$  кэВ рассеялся под углом  $\vartheta = 120^\circ$  на первоначально покоившемся свободном электроны. Определить энергию рассеянного фотона. ( $2,31 \cdot 10^{-14}$  Дж)

### **Высокий уровень**

1. Точечный изотропный источник испускает свет с  $\lambda = 589$  нм. Световая мощность источника  $P = 10$  Вт. Найти расстояние от источника до точки, где средняя концентрация фотонов  $n = 100$  см<sup>-3</sup>. (8,87 м)
2. Лазер излучил в импульсе длительностью  $\tau = 0,13$  мс пучок света с энергией  $E = 10$  Дж. Найти среднее давление такого светового импульса, если его сфокусировать в пятнышко диаметром  $d = 10$  мкм на поверхность, перпендикулярную к пучку, с коэффициентом отражения  $\rho = 0,50$ . (4,897 МПа)
3. Найти температуру полностью ионизованной водородной плазмы плотностью  $\rho = 0,10$  г/см<sup>3</sup>, при которой давление теплового излучения равно газокинетическому давлению частиц плазмы. Иметь в виду, что давление теплового излучения  $p = u/3$ , где  $u$  — объемная плотность энергии излучения, и что при высоких температурах вещества подчиняются уравнению состояния идеальных газов. ( $1,88 \cdot 10^7$  К)
4. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке в  $\eta = 1,5$  раза длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра изменилась на  $\Delta\lambda = 26$  пм. Найти первоначальное напряжение на трубке. (16 кВ)
5. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоде трубки,  $v = 0,85c$ , где  $c$  — скорость света. (2,8 пм)
6. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн  $\lambda_1 = 0,35$  мкм и  $\lambda_2 = 0,54$  мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в  $\eta = 2,0$  раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла. (1,88 эВ)

## Вопросы к экзамену

1. Уравнения Максвелла и электромагнитные волны.
2. Переход от волновой оптики к геометрической. Уравнение эйконала.
3. Законы геометрической оптики. Принцип Ферма.
4. Центрированные оптические системы. Построение изображений в линзах.
5. Фотометрические понятия и единицы.
6. Понятие когерентности. Пространственная и временная когерентность.
7. Явление интерференции. Классические интерференционные опыты.
8. Интерференция в тонких пленках.
9. Многолучевая интерференция.
10. Дифракция. Зоны Френеля.
11. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
12. Дифракционная решетка.
13. Дифракция рентгеновских лучей.
14. Принципы создания голографических изображений.
15. Поляризация света. Плоская, эллиптическая поляризация. Закон Малюса.
16. Поляризация при отражении и преломлении на границе прозрачных диэлектриков. Формулы Френеля.
17. Явление двойного лучепреломления. Интерференция поляризованных лучей.
18. Искусственное двойное лучепреломление: механическая деформация, эффект Керра.
19. Вращение плоскости поляризации. Эффект Фарадея.
20. Дисперсия света. Элементарная теория дисперсии.
21. Поглощение и рассеяние света. Закон Бугера. Закон Рэлея.
22. Эффект Доплера для электромагнитных волн.
23. Законы теплового излучения конденсированных сред.
24. Теория теплового излучения. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.
25. Фотоэффект. Законы фотоэффекта.
26. Эффект Комптона.
27. Импульс фотонов и давление света.
28. Уровни энергии в атоме, переходы, поглощение и испускание фотонов.
29. Общее устройство и принципы работы лазеров.
30. Нелинейные оптические эффекты

### Примеры экзаменационных заданий

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Под циклической (круговой) частотой колебания следует понимать ...	1. время одного полного колебания 2. число колебаний в единицу времени 3. величину, обратную промежутку времени, за который амплитуда колебаний уменьшится в $e$ раз <b>4. число колебаний за 6.28 секунд</b> 5. правильный ответ не приведен...
2	На экран от точечного источника, находящегося от него на очень большом расстоянии, падает свет с длиной волны 580 нм. В экране имеются две параллельные щели на расстоянии 100 мкм одна от другой. Определите расстояние между двумя соседними полосами интерференционных максимум, наблюдаемых на экране, расположенном параллельно экрану на расстоянии 1 м от него.	<b>5,8 мм</b>
3	Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, и наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны линзы 4 м. Определите показатель преломления жидкости, если радиус второго светлого кольца 1,8 мм.	<b>1,48</b>
4	На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 0,5 мкм. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном параллельно щели. Определите расстояние от щели до экрана, если ширина центрального максимума 1 см.	<b>1 м</b>
5	На диафрагму с круглым отверстием диаметром $d=4$ мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света ( $\lambda=0,5$ мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $b=1$ м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии?	<b>8</b>
6	Дифракционная решетка содержит $n=200$ штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$ мкм). Максимум какого наибольшего	<b>7</b>

	порядка дает эта решетка?	
7	Определите степень поляризации частично поляризованного света, если амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в 3 раза больше амплитуды, соответствующей его минимальной интенсивности.	<b>0,8</b>
8	Определите во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, главные плоскости которых образуют угол в $60^\circ$ , если каждый из николей как поглощает, так и отражает 5% падающего на них света.	<b>9,88</b>
9	Во сколько раз интенсивность молекулярного рассеяния синего света ( $\lambda=460$ нм) превосходит интенсивность рассеяния красного света ( $\lambda=650$ нм)?	<b>3,254</b>
10	Пучок электронов, пройдя через узкую щель, создает такую же дифракционную картину, как и монохроматическое излучение с длиной волны 55 нм. Какова скорость электронов?	<b>13,3 км/с</b>

**Типовые контрольные вопросы для промежуточной аттестации**

1. Уравнения Максвелла и электромагнитные волны.
2. Переход от волновой оптики к геометрической. Уравнение эйконала.
3. Законы геометрической оптики. Принцип Ферма.
4. Центрированные оптические системы. Построение изображений в линзах.
5. Фотометрические понятия и единицы.
6. Понятие когерентности. Пространственная и временная когерентность.
7. Явление интерференции. Классические интерференционные опыты.
8. Интерференция в тонких пленках.
9. Многолучевая интерференция.
10. Дифракция. Зоны Френеля.
11. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
12. Дифракционная решетка.
13. Дифракция рентгеновских лучей.
14. Принципы создания голографических изображений.
15. Поляризация света. Плоская, эллиптическая поляризация. Закон Малюса.
16. Поляризация при отражении и преломлении на границе прозрачных диэлектриков. Формулы Френеля.
17. Явление двойного лучепреломления. Интерференция поляризованных лучей.
18. Искусственное двойное лучепреломление: механическая деформация, эффект Керра.
19. Вращение плоскости поляризации. Эффект Фарадея.
20. Дисперсия света. Элементарная теория дисперсии.
21. Поглощение и рассеяние света. Закон Бугера. Закон Рэлея.
22. Эффект Доплера для электромагнитных волн.
23. Законы теплового излучения конденсированных сред.
24. Теория теплового излучения. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.
25. Фотоэффект. Законы фотоэффекта.
26. Эффект Комптона.
27. Импульс фотонов и давление света.
28. Уровни энергии в атоме, переходы, поглощение и испускание фотонов.
29. Общее устройство и принципы работы лазеров.
30. Нелинейные оптические эффекты

**Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Под циклической (круговой) частотой колебания следует понимать ...	1. время одного полного колебания 2. число колебаний в единицу времени 3. величину, обратную промежутку времени, за который амплитуда колебаний уменьшится в $e$ раз <b>4. число колебаний за 6.28 секунд</b> 5. правильный ответ не приведен...
2	На экран от точечного источника, находящегося от него на очень большом расстоянии, падает свет с длиной волны 580 нм. В экране имеются две параллельные щели на расстоянии 100 мкм одна от другой. Определите расстояние между двумя соседними полосами интерференционных максимум, наблюдаемых на экране, расположенном параллельно экрану на расстоянии 1 м от него.	<b>5,8 мм</b>
3	Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, и наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны линзы 4 м. Определите показатель преломления жидкости, если радиус второго светлого кольца 1,8 мм.	<b>1,48</b>
4	На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 0,5 мкм. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном параллельно щели. Определите расстояние от щели до экрана, если ширина центрального максимума 1 см.	<b>1 м</b>
5	На диафрагму с круглым отверстием диаметром $d=4$ мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света ( $\lambda=0,5$ мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $b=1$ м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстие?	<b>8</b>
6	Дифракционная решетка содержит $n=200$ штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$ мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?	<b>7</b>

7	Определите степень поляризации частично поляризованного света, если амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в 3 раза больше амплитуды, соответствующей его минимальной интенсивности.	<b>0,8</b>
8	Определите во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, главные плоскости которых образуют угол в $60^\circ$ , если каждый из николей как поглощает, так и отражает 5% падающего на них света.	<b>9,88</b>
9	Во сколько раз интенсивность молекулярного рассеяния синего света ( $\lambda=460$ нм) превосходит интенсивность рассеяния красного света ( $\lambda=650$ нм)?	<b>3,254</b>
10	Пучок электронов, пройдя через узкую щель, создает такую же дифракционную картину, как и монохроматическое излучение с длиной волны 55 нм. Какова скорость электронов?	<b>13,3 км/с</b>

