

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 12:51:18
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Б.Б.Педько

«28»

июня

2022 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Оптика

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

2 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.н., доцент Жеренкова Л.В.

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Оптика

2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

Изучение основных законов и явлений линейной оптики.

Задачами освоения дисциплины являются:

- Глубокое понимание основных закономерностей, описывающих явления волновой оптики и процессы взаимодействия света с веществом;
- применение основных законов линейной оптики для практического решения задач, связанных с оптическими явлениями;
- вывод основных законов оптики в виде математических уравнений.

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Оптика» (Б1.Б.04.04) входит в базовую часть учебного плана ООП и относится к дисциплинам, формирующим ОК и ОПК компетенции.

Курс оптики представляет существенную часть программы обучения будущих физиков и инженеров независимо от того, по какой специальности они будут работать. Глубокое изучение свойств электромагнитных волн и оптических явлений имеет не только важное научное значение, но и составляет основу для понимания современных приложений явлений электромагнетизма в промышленности, биотехнологиях, здравоохранении, индустрии телекоммуникаций, информационных технологиях, радиоэлектронике, оптоэлектронике и комплексе наук о компьютерах. В последние десятилетия получено много новых научных результатов в фундаментальной и прикладной оптике. Для формирования научного кругозора и образования современного инженера-исследователя необходимо подробное изучение свойств электромагнитных волн, основных закономерностей их распространения в различных средах, причём, не только в пространственно однородных, но и неоднородных (в частности, в анизотропных), исследование механизма

излучения волн, явлений интерференции, дифракции и поляризации световых волн, голографии и лазеров.

Требования к «входным» знаниям» и уровню начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины включают представление об основных понятиях и законах оптики в рамках программы средней школы, знание алгебры, геометрии и основ математического анализа в рамках программы средней школы и 3-х семестров университета, знание такого раздела общей физики как электромагнетизм.

Теоретические дисциплины и практики, для которых освоение оптики необходимо как предшествующее, включают атомную и квантовую физику, оптоэлектронику, физику наносистем, а также изучение физических и химических основ нанотехнологий.

4. Объем дисциплины: 4 зачетных единицы, 144 академических часа, **в том числе контактная работа:** лекции 38 часов, практические занятия 38 часов, **самостоятельная работа:** 68 часов.

5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ОПК 3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Уметь: применять законы геометрической, волновой и квантовой оптики для качественного анализа и количественного решения физических задач фундаментального и прикладного характера, ориентироваться в многообразии приложений оптических законов и явлений в современных технологиях</p> <p>Знать: основные явления и законы оптики, границы их применимости</p>

<p>ПК 4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</p>	<p>Уметь: применять законы оптики для качественных оценок и количественного решения конкретных задач Знать: основные законы и формулы</p>
---	--

6. Форма промежуточной аттестации экзамен (4 семестр)

7. Язык преподавания русский

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа - наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические занятия	
Введение	1	1		
Основные свойства электромагнитных волн	11	3	4	4
Распространение электромагнитных волн в однородных изотропных диэлектриках	8	2	2	4
Интерференция света	15	6	6	3
Дифракция света	11	4	4	3
Дифракция на периодических структурах	6	2	2	2
Разложение излучения в спектр и основные характеристики спектральных приборов	6	2	2	2
Разрешающая способность оптических приборов	6	2	2	2
Оптическая голография	6	2	2	2
Распространение света в анизотропных средах	6	2	2	2
Молекулярная оптика	8	3	3	2
Тепловое излучение	10	4	4	2
Лазеры и нелинейная оптика	8	3	3	2
Фотоэлектрический эффект	6	2	2	2
Экзамен	36			36
Итого	144	38	38	68

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- планы практических (семинарских) занятий.
- сборники задач.
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.
- темы рефератов.
- тестовые и типовые задания для проверки знаний и умений.
- промежуточная аттестация.
- требования к рейтинг-контролю.

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Форма проведения экзамена: студенты, освоившие программу курса могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания		
		Высокий уровень (3 балла по каждому критерию)	Средний уровень (2 балла по каждому критерию)	Низкий уровень (1 балл по каждому критерию)
	Задания для проверки сформированности умений:			

	<p>1. Решить задачу: Естественный луч света падает на поверхность стеклянной пластинки, погруженной в жидкость. Показатель преломления стекла равен 1.5. Отраженный от пластинки луч образует угол 97° с падающим лучом. Определить показатель преломления жидкости, если отраженный луч поляризован.</p>	<p>Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает закон преломления и закон Брюстера и уверенно применяет их, записывая необходимые соотношения. Получает решение.</p>	<p>Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает закон преломления и закон Брюстера. Неуверенно применяет их, записывая необходимые соотношения. Получает решение.</p>	<p>Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает закон преломления и закон Брюстера. С трудом применяет их, записывая необходимые соотношения.</p>
	<p>Решите задачу: От двух когерентных источников света получена система интерференционных полос на экране, удаленном от источников на расстояние $a = 2$ м. Во сколько раз изменится ширина интерференционных полос, если между источниками и экраном поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 25$ см. Рассмотреть два случая: 1) расстояние линзы от источников равно $2F = 50$ см; 2) источники находятся в фокальной плоскости линзы.</p>	<p>Понимает физику явления. Записывает формулы тонкой линзы и ширины интерференционной полосы. Правильно рисует оптические схемы. Решает уравнения, записывая правильный ответ.</p>	<p>Понимает физику явления. Записывает формулы тонкой линзы и ширины интерференционной полосы. Неуверенно рисует оптические схемы. Неуверенно решает уравнения.</p>	<p>Понимает физику явления. Записывает формулы тонкой линзы и ширины интерференционной полосы. С трудом рисует оптические схемы. Неуверенно решает уравнения.</p>
	<p>Задания для проверки сформированности знаний:</p>	<p>Высокий уровень (3 балла по каждому критерию)</p>	<p>Средний уровень (2 балла по каждому критерию)</p>	<p>Низкий уровень (1 балл по каждому критерию)</p>
<p>Знать основные положения теории интерференции.</p>	<p>Знает основные понятия теории. Записывает формулы для результирующей интенсивности при двухлучевой и многолучевой интерференции, формулу для ширины интерференционной полосы. Не допускает ошибок.</p>	<p>Знает основные понятия теории. Неуверенно записывает формулы для результирующей интенсивности при двухлучевой и многолучевой интерференции, формулу для ширины интерференционной полосы. Допускает несущественные математические</p>	<p>Знает основные понятия теории. С трудом записывает формулу для результирующей интенсивности при двухлучевой интерференции.</p>	<p>Знает основные понятия теории. С трудом записывает формулу для результирующей интенсивности при двухлучевой интерференции.</p>

			тические ошибки.	
	Знать классическую теорию дифракционной решетки (ДР).	Знает принцип Гюйгенса-Френеля, основное уравнение ДР, формулу для результирующей интенсивности и основные спектральные характеристики ДР.	Знает принцип Гюйгенса-Френеля и основное уравнение ДР. С трудом записывает формулу для результирующей интенсивности и называет не все основные спектральные характеристики ДР.	Знает принцип Гюйгенса-Френеля, основное уравнение ДР. Называет хотя бы одну спектральную характеристику ДР.

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-4: способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания		
		Высокий уровень (3 балла по каждому критерию)	Средний уровень (2 балла по каждому критерию)	Низкий уровень (1 балл по каждому критерию)
начальный	Задания для проверки сформированности умений:			
	Решить задачу: Найти угловое распределение интенсивности света при фраунгоферовой дифракции на решетке из N щелей и с периодом d при условии, что световые лучи падают на решетку нормально, а ширина щели равна b .	Глубоко понимает принцип Гюйгенса-Френеля, на основе которого строится теория дифракции. Умеет применить данный принцип к конкретной задаче. Уверенно составляет и вычисляет интеграл, выражающий	Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Применяет принцип Гюйгенса-Френеля к дифракции на дифракционной решетке. Испытывает трудности при записи интеграла. Получает функцию распределения интен-	Неясно понимает физику явления, указанного в условии задачи. Неуверенно применяет принцип Гюйгенса-Френеля к дифракции на дифракционной решетке. Испытывает трудности при записи интеграла. С трудом получает

		распределение амплитуды в зависимости от угла дифракции. Получает решение.	сивности.	окончательное решение.
	Решите задачу: Кольца Ньютона получаются между двумя плосковыпуклыми линзами, прижатыми друг к другу своими выпуклыми поверхностями. Найти радиус m -го темного кольца, если длина световой волны равна λ , а радиусы кривизны выпуклых поверхностей линз равны R_1 и R_2 . Наблюдение ведется в отраженном свете.	Глубоко понимает физику явления интерференции. Схематически изображает формирование когерентных волн. Записывает формулу для разности хода и условия интерференционного минимума. Решает уравнения, записывая правильный ответ.	Понимает физику явления интерференции. Схематически изображает формирование когерентных волн. Испытывает трудности при записи формул для разности хода и условия интерференционного минимума. Решает уравнения, записывая правильный ответ.	Понимает физику явления интерференции. Схематически изображает формирование когерентных волн. Испытывает трудности при записи формул для разности хода и условия интерференционного минимума. С трудом решает уравнения, записывая правильный ответ.
	Задания для проверки сформированности знаний:	Высокий уровень (3 балла по каждому критерию)	Средний уровень (2 балла по каждому критерию)	Низкий уровень (1 балл по каждому критерию)
	Сформулируйте основные законы теплового излучения.	Знает все законы теплового излучения, формулируя их с глубоким раскрытием физического смысла	Формулирует все законы теплового излучения, но неуверенно раскрывает их физический смысл.	Знает лишь некоторые из основных законов теплового излучения и плохо понимает их физический смысл.
	Объясните распределение интенсивности света при дифракции на круглом диске и круглом отверстии	Знает основы теории дифракции Френеля и уверенно владеет методом векторных диаграмм. Умеет применить метод зон Френеля для объяснения распределения интенсивности	Знает основы теории дифракции Френеля и владеет методом векторных диаграмм. С ошибками применяет метод зон Френеля для объяснения распределения интенсивности	Удовлетворительно знает основы теории дифракции Френеля и с трудом владеет методом векторных диаграмм. Неуверенно применяет метод зон Френеля для объяснения распределения

		ности в дифракционных картинах.	и в дифракционных картинах.	интенсивности в дифракционных картинах.
--	--	---------------------------------	-----------------------------	---

V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Основная литература:

- 1.** Ландсберг, Г. С. Оптика : учебное пособие / Г. С. Ландсберг. — 7-е изд., стереот. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021. — 852 с. — ISBN 978-5-9221-1742-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185678>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2.** Калитеевский, Н. И. Волновая оптика : учебное пособие / Н. И. Калитеевский. — 5-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-0666-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167685> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 3.** Савельев, И. В. Курс физики. В 3 т. Том 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика : учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 468 с. — ISBN 978-5-8114-9096-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/184164>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 4.** Фриш, С.Э. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.3. Оптика. Атомная физика [Электронный ресурс] : учеб. / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 656 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/419>.

б) Дополнительная литература:

- 1.** Сивухин Д.В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2006. - Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. - 544 с. - ISBN 5-9221-0601-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82995>
- 2.** Стафеев, С. К. Основы оптики : учебное пособие / С. К. Стафеев, К. К. Боярский, Г. Л. Башнина. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-1495-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169379>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотека издательства Лань: <http://e.lanbook.com/>
2. Университетская библиотека ONLINE: <http://www.biblioclub.ru/>
3. Сайт издательского дома ЮРАЙТ: <http://www.biblio-online.ru/>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

– планы практических (семинарских) занятий:

Семинар 1: Решение задач на тему «Законы геометрической оптики».

Примеры задач:

1. Определить, насколько плоскопараллельная стеклянная пластинка толщины $d = 10$ см смещает в сторону луч света, падающий на нее под углом $\varphi = 70^\circ$. Показатель преломления стекла $n = 1.5$.
2. Собирающая линза дает изображение некоторого предмета на экране. Высота изображения равна H_1 . Оставляя неподвижными экран и предмет, начинают двигать линзу к экрану и находят, что при втором четком изображении предмета высота изображения равна H_2 .
3. Матовое стекло фотоаппарата установлено так, что резким выходит изображение предмета, находящегося на расстоянии 5 м. До какого диаметра D нужно задиафрагмировать объектив с фокусным расстоянием 20 см, чтобы не была заметной нерезкость в изображении предметов, находящихся на 0.5 м ближе снимаемого (нерезкость считать незаметной, если размытость деталей не превышает 0.1 мм)?

Семинар 2: Решение задач на тему «Оптические приборы». Примеры задач:

1. Вывести формулу для увеличения микроскопа с фокусными расстояниями объектива $F_{\text{об}}$ и окуляра $F_{\text{ок}}$ и длиной тубуса Δ . Расстояние наилучшего зрения $D = 25$ см.
2. Оптические силы объектива и окуляра микроскопа равны 100 и 20 дптр. Увеличение микроскопа равно 50. Каково будет увеличение этого

микроскопа, если расстояние между объективом и окулярном увеличить на 2.0 см?

3. Фокусное расстояние объектива трубы Галилея $F_1 = 45$ см, окуляра $F_2 = 5$ см. При замене линз в трубе на две положительные получилась труба Кеплера с тем же увеличением, что и труба Галилея. Найти фокусные расстояния двух собирающих линз.

Семинар 3: Решение задач на тему «Плоскополяризованный свет. Формулы Френеля». Примеры задач:

1. Определить угол полной поляризации, если свет падает из воды (показатель преломления 1.33) в стекло (1.6). Как поляризован падающий луч, если в этом случае отраженные лучи отсутствуют?
2. Естественный луч света падает на поверхность стеклянной пластинки, погруженной в жидкость. Показатель преломления стекла равен 1.5. Отраженный от пластинки луч образует угол 97° с падающим лучом. Определить показатель преломления жидкости, если отраженный луч поляризован.
3. Один поляроид пропускает 30% света, если на него падает естественный свет. После прохождения света через 2 поляроида интенсивность падает до 9%. Найти угол между осями поляроидов.
4. Луч света последовательно проходит через 2 николя, плоскости пропускания которых образуют угол 40° . Принимая, что коэффициент поглощения каждого николя равен 0.2, найти, во сколько раз луч, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с лучом, падающим на первый николь. Свет естественный.

Семинар 4: Решение задач на тему «Интерференция». Примеры задач:

1. Направления распространения двух плоских волн одной и той же длины λ составляют друг с другом малый угол φ . Волны падают на экран, плоскость которого приблизительно перпендикулярна к направлению их

распространения. Написав уравнения обеих плоских волн и сложив поля этих волн, показать, что расстояние Δx между двумя соседними интерференционными полосами на экране определяется выражением $\Delta x = \lambda/\varphi$.

2. Ширина интерференционной полосы $\Delta x = 1$ мм. Расстояние от линии соединения зеркал Френеля до источника $r = 10$ см, до экрана $a = 1$ м. $\lambda = 4861$ А. Найти угол между зеркалами α .
3. От двух когерентных источников света получена система интерференционных полос на экране, удаленном от источников на расстояние $a = 2$ м. Во сколько раз изменится ширина интерференционных полос, если между источниками и экраном поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 25$ см. Рассмотреть два случая: 1) расстояние линзы от источников равно $2F = 50$ см; 2) источники находятся в фокальной плоскости линзы.
4. Из линзы с фокусным расстоянием $F = 50$ см вырезана центральная часть ширины a . Обе половины линзы сдвинуты до соприкосновения. По одну сторону линзы помещен точечный источник монохроматического света ($\lambda = 6000$ А). С противоположной стороны линзы помещен экран, на котором наблюдаются полосы интерференции. Расстояние между соседними светлыми полосами $\Delta x = 0.5$ мм и не изменяется при перемещении экрана вдоль оптической оси. Найти a .
5. В очень тонкой клиновидной пластинке в отраженном свете при нормальном падении наблюдаются интерференционные полосы. Расстояние между соседними темными полосами $\Delta x = 5$ мм. Зная, что длина световой волны равна $\lambda = 5800$ А, а показатель преломления пластинки $n = 1.5$, найти угол α между гранями пластинки.
6. Кольца Ньютона получаются между двумя плосковыпуклыми линзами, прижатыми друг к другу своими выпуклыми поверхностями. Найти радиус m -го темного кольца, если длина световой волны равна λ , а

радиусы кривизны выпуклых поверхностей линз равны R_1 и R_2 .
Наблюдение ведется в отраженном свете.

Семинар 5: Решение задач на тему «Дифракция света». Примеры задач:

1. Вычислить радиус m -й зоны Френеля, если расстояние от источника до зонной пластинки равно a , а расстояние от пластинки до места наблюдения равно b . Длина волны λ . Вычислить радиус m -й зоны Френеля при условии, что на зонную пластинку падает плоская волна.
2. Найти угловое распределение интенсивности света при френгоферовой дифракции на решетке из N щелей и с периодом d при условии, что световые лучи падают на решетку нормально, а ширина щели равна b .
3. Дифракционная решетка имеет 1000 штрихов. Сколько штрихов должна иметь решетка, чтобы угловая ширина главного максимума уменьшилась в два раза?
4. Подсчитать минимальное число штрихов решетки, которая может разрешить натриевый дублет ($\lambda_1 = 5890 \text{ \AA}$, $\lambda_2 = 5896 \text{ \AA}$) в спектре первого порядка.
5. Каково должно быть фокусное расстояние f_2 окуляра микроскопа, чтобы была полностью использована разрешающая способность объектива? Числовая апертура объектива равна $n \sin \alpha$, фокусное расстояние объектива f_1 , длина тубуса (трубы микроскопа) L . Длину тубуса можно считать равной расстоянию между объективом и плоскостью первого изображения (т.е. изображения, даваемого объективом).

Семинар 6: Решение задач на тему «Элементы кристаллооптики. Эллиптически поляризованный свет». Примеры задач:

1. Смесь света, поляризованного по кругу, и естественного рассматривается через пластинку в $\lambda/4$ и николю. При вращении николя вокруг оси светового пучка найдено, что I_{max} света, прошедшего через систему, в 3

раза превосходит I_{min} . Найти отношение интенсивности света, поляризованного по кругу, к интенсивности естественного света.

- Показатель преломления кристаллического кварца для длины волны $\lambda = 589$ нм равен $n_o = 1.544$ для обыкновенного луча и $n_e = 1.553$ для необыкновенного луча. На пластинку из кварца, вырезанную параллельно оптической оси, нормально падает линейно поляризованный свет указанной длины волны, занимающий спектральный интервал $\Delta\lambda = 40$ нм. Найти толщину пластинки d и направление поляризации падающего света, если свет после пластинки оказался неполяризованным.
- Параллельный пучок неполяризованного монохроматического света падает на пластинку в $\lambda/2$. Интенсивность света в некоторой точке наблюдения P за пластинкой равна I_0 . Из пластинки вырезают диск, закрывающий полторы зоны Френеля для точки P . Диск повернули вокруг луча на угол 90° и поставили на место. Какой стала интенсивность I в точке P ?

Семинар 7: Решение задач на тему «Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света». Примеры задач:

- Показатель преломления ионосферы для радиоволн с частотой $\nu = 10$ МГц равен $n = 0.9$. Найти концентрацию N электронов в ионосфере, а также фазовую v_{ϕ} и групповую v_{gp} скорости для этих радиоволн.
- При прохождении в некотором веществе пути l интенсивность света I уменьшается в 2 раза. Во сколько раз уменьшится интенсивность при прохождении в этом же веществе пути $3l$?
- Во сколько раз интенсивность молекулярного рассеяния синего света ($\lambda = 460$ нм) превосходит интенсивность рассеяния красного света ($\lambda = 650$ нм)?
- Найти частоту собственных колебаний ν молекулы брома, дающей при комбинационном рассеянии линии $\lambda = 3131.6 \text{ \AA}$ спутник с длиной волны $\lambda = 3164.0 \text{ \AA}$.

Семинар 8: Решение задач на тему «Законы теплового излучения». Примеры задач:

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 $\Delta\lambda = 500$ мкм больше длины волны, соответствующей максимуму испускательной способности первого источника.
2. Найти температуру полностью ионизованной водородной плазмы плотностью $\rho = 0.10$ г/см³, 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.

– *сборники задач:*

1. Сборник задач по общему курсу физики. Ч.2 Электричество и магнетизм. Оптика. /Под ред. В.А. Овчинкина. М.: МФТИ, 2009.-475 с.
2. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. СПб.: Лань, 2005.-288с.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М.: Бином, 2001. – 432с.
4. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 т. Кн. IV. Оптика / Под ред. Д. В. Сивухина. М.: ФИЗМАТЛИТ; ЛАНЬ, 2006. - 272 с.

– *методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:*

1. Изучить рекомендуемую литературу.
2. Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях.
3. Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения, используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.
4. Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

Темы рефератов:

1. Человеческий глаз как оптический прибор.
2. Природные оптические явления.
3. Интерферометры и их применение в науке и технологиях.
4. Комбинационное рассеяние света как важный экспериментальный метод.
5. Виды лазеров и их использование.

Тестовые и типовые задания для проверки знаний и умений

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

ОПК 3

1. Сформулировать основные законы геометрической оптики.
2. В чем заключается явление полного внутреннего отражения?
3. Записать систему уравнений Максвелла.
4. Написать основные соотношения между векторами напряженностей плоской электромагнитной волны и волновым вектором.
5. Написать уравнение плоской монохроматической волны, которая распространяется в направлении, определяемом волновым вектором.
6. Какова связь между абсолютными значениями векторов напряженностей электрического и магнитного полей в плоской волне.
7. Какой физический смысл показателя преломления среды? Как он связан с диэлектрической и магнитной проницаемостями?
8. Написать граничные условия для тангенциальных составляющих векторов напряженностей электрического и магнитного полей.
9. Написать выражение для вектора Умова-Пойнтинга и пояснить его физический смысл.
10. Дать определение интенсивности света. Как интенсивность связана с амплитудой волны?
11. Как связаны между собой фазовая и групповая скорости? Пояснить смысл введения групповой скорости.
12. Написать формулу Рэлея и нарисовать диаграмму Эренфеста.

13. Написать формулы Френеля для амплитуд отраженного света.
14. Что такое когерентность волн?
15. В чем заключается явление интерференции световых лучей?
16. Что такое время когерентности? Как длина когерентности связана со временем когерентности?
17. Что такое оптическая длина пути?
18. Какому условию должна удовлетворять разность хода между интерферирующими лучами для наблюдения в заданной точке максимума (минимума) интенсивности?
19. Напишите формулу интенсивности при многолучевой интерференции.
20. Принцип работы интерферометра Фабри-Перо.
21. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
22. Что называется дифракцией Френеля и дифракцией Фраунгофера?
23. Принцип разбиения волнового фронта на зоны Френеля.
24. Что такое пятно Пуассона?
25. Напишите условие минимумов интенсивности при дифракции на узкой щели.
26. Что такое фазовая и амплитудная дифракционные решетки?
27. Напишите основное уравнение дифракционной решетки.
28. Что такое синусоидальная дифракционная решетка?
29. Сформулируйте критерий Релея в общем виде.
30. Что такое разрешающая способность оптических приборов?
31. Разрешающая способность дифракционной решетки.
32. Назвать основные характеристики спектральных приборов.
33. Напишите формулу для разрешающей способности телескопа.
34. Разрешающая способность микроскопа.
35. Как отличить свет с круговой поляризацией от неполяризованного света?
36. Как отличить частично-поляризованный свет, от света с эллиптической поляризацией?
37. Что такое фазовые пластинки $\lambda/2$ и $\lambda/4$?

38. Что такое оптическая активность?
39. Электрооптический эффект. Написать формулы, описывающие эффект Керра и эффект Поггеля.
40. Что такое главная оптическая ось кристалла?
41. Что такое двулучепреломление в кристалле?
42. Сформулировать основной принцип работы лазера.
43. Перечислить основные отличительные характеристики излучения лазера.
44. Какие процессы лежат в основе работы полупроводникового лазера?
45. Особенности теплового излучения.
46. Что такое абсолютно черное тело?
47. Сформулировать основные законы теплового излучения.
48. Сформулировать основные законы фотоэффекта.
49. Какие физические явления лежат в основе голографии?
50. Что такое рассеяние в мутных средах?

ПК 4

1. Получить амплитудные соотношения при нормальном падении электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков.
2. Проанализировать фазовые соотношения для отраженного и преломленного света на основе формул Френеля.
3. Дать определения коэффициентов отражения и пропускания света. Получить их выражения для случая нормального падения электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков.
4. Каков характер поляризации отраженного света, если луч падает на границу раздела двух сред под углом Брюстера?
5. Описать схему для реализации интерференции в оптике.
6. В каком случае в результате интерференции на экране образуются полосы, а в какой кольца?
7. Почему интерференционная картина в тонких пленках ухудшается при увеличении толщины пленки?

8. Почему мыльные пузыри окрашены в разные цвета?
9. Что такое полосы равной толщины и равного наклона?
10. Почему центр колец Ньютона, наблюдаемых в отраженном свете, темный?
11. Какова интенсивность света I в фокусе зонной пластинки, если закрыты все зоны, кроме первой? Интенсивность света без пластинки равна I_0 .
12. Получить уравнение дифракционной решетки.
13. Как изменится дифракционная картина от дифракционной решетки, если ее щели перекрыть через одну?
14. Оценить разрешающую способность человеческого глаза.
15. Как улучшить разрешающую способность микроскопа?
16. Почему небо голубое, а солнце на закате красное?
17. Нарисовать зависимость показателя преломления от частоты света для случаев нормальной и аномальной дисперсии.
18. В чем экспериментальная трудность изучения аномальной дисперсии?
19. Каким образом угол поворота плоскости поляризации в эффекте Фарадея зависит от величины внешнего магнитного поля?
20. Может показатель преломления быть меньше единицы?
21. Как связаны между собой поглощательная и излучательная способности тела?
22. Получить формулу смещения Вина из формулы Планка.
23. Какова роль спонтанного излучения в ослаблении интенсивности проходящего через среду света?

Для проверки знаний основных формул предлагается решить тестовые задания, примеры которых приведены ниже.

Тестовые задания

1. Назовите особенности, свойственные когерентным волнам
 - а) частоты волн одинаковы;
 - б) разность частот постоянны;
 - в) разность фаз постоянна или равна нулю;
 - г) амплитуды волн постоянны.

2. Какими способами можно осуществить когерентность источников в оптике?

- а) с помощью линзы;
- б) путем замены одного действительного источника на два мнимых;
- в) с помощью бипризмы Френеля;
- г) с помощью бизеркал Френеля.

3. Когерентные волны ослабляют друг друга в данной точке пространства при следующих условиях

- а) оптическая разность хода равна нечетному числу $\lambda/2$;
- б) геометрическая разность хода равна четному числу $\lambda/2$;
- в) оптическая разность хода равна четному числу λ ;
- г) геометрическая разность хода равна нечетному числу λ .

4. Укажите особенности, присущие явлению интерференции

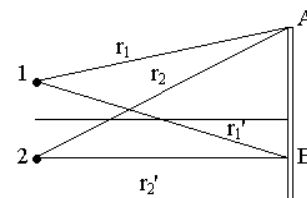
- а) в области пространства, где складываются две или несколько волн, происходит усиление света;
- б) в области наложения двух волн происходит перераспределение энергии, так что интенсивность света в одних точках больше, а в других – меньше;
- в) явление интерференции возникает при наложении когерентных волн;
- г) явление интерференции возникает при наложении волн различной частоты.

5. Пусть 1 и 2 – точечные когерентные источники света (см.рис.).

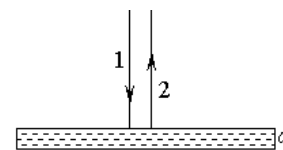
$$r_1 = 2000\lambda, r_2 = 2010\lambda, r_1' = 1700\lambda, r_2' = 1690,5\lambda.$$

В точках А и В на экране наблюдается

- а) А – минимум, В – максимум;
- б) А – максимум, В – минимум;
- в) интенсивность в точках А и В равна половине от максимальной;
- г) интенсивность в точке А минимальна, в точке В равна 1/3 от максимальной.



6. На тонкую пленку толщины d и показателем преломления n , и граничащую с обеих сторон с воздухом, падает нормально монохроматический луч с длиной волны λ . При каком условии в отраженном луче наблюдается максимум интерференции



- а) $2dn = (k+1)\lambda$;
- б) $dn = (k+1/2)\lambda$;
- в) $2dn = (k-1/2)\lambda$;
- г) $dn = (k+1)\lambda$

λ .

7. Подвижное зеркало интерферометра Майкельсона смещается на величину $\Delta x = 4\lambda$. На сколько при этом изменится число максимумов в интерференционной картине?

- а) 8; б) 4; в) 2; г) 16.

8. Разность хода двух интерферирующих лучей $0,3\lambda$. Разность фаз колебаний равна

- а) 0; б) π ; в) $0,6\pi$; г) 2π .

9. При помощи зеркал Френеля получили интерференционные полосы, пользуясь красным светом. Как изменится картина интерференционных полос, если воспользоваться фиолетовым светом?

- а) полосы станут шире;
б) полосы станут уже;
в) полосы будут расположены ближе друг к другу;
г) полосы будут располагаться дальше друг от друга.

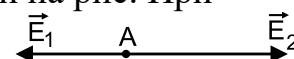
10. Объясните принцип действия "просветленного" объектива

- а) линзы изготавливаются из стекла с минимальным коэффициентом поглощения;
б) линзы изготавливаются из стекла с максимальным коэффициентом отражения;
в) на поверхность объектива наносится тонкая пленка, такая, что в отраженном свете наблюдается минимум интерференции;
г) коэффициент преломления линзы должен быть как можно меньше.

11. В чем заключается "просветление оптики"

- а) в нанесении на поверхность стекла пленки с показателем преломления больше показателя преломления стекла;
б) в нанесении на поверхность стекла пленки с показателем преломления меньше показателя преломления стекла;
в) в нанесении на поверхность стекла пленки толщиной, равной четверти длины волны падающего света;
г) в нанесении на поверхность стекла пленки толщиной, равной половине длины волны падающего света;

12. Фазовая диаграмма сложения колебаний при интерференции когерентных волн от двух источников в точке А имеет вид, представленный на рис. При этом в точке А наблюдается



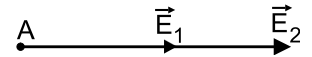
- а) минимум освещенности;

б) максимум освещенности;

в) освещенность имеет промежуточное значение между максимальной и минимальной;

г) правильного ответа нет.

13. Фазовая диаграмма сложения колебаний при интерференции когерентных волн от двух источников в точке А имеет вид, представленный на рис. При этом в точке А наблюдается



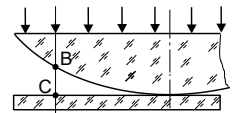
а) минимум освещенности;

б) максимум освещенности;

в) освещенность имеет промежуточное значение между максимальной и минимальной;

г) правильного ответа нет.

14. При наблюдении колец Ньютона отраженном свете оптическая разность хода интерферируемых лучей равна

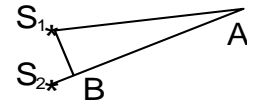


а) BC ;

б) $2 \cdot BC$;

в) $2n \cdot BC + \lambda/2$; г) правильного ответа нет.

15. На рис. разность хода лучей в точку М от двух источников S_1 и S_2 изображена отрезком



а) S_1S_2 ;

б) S_1B ;

в) S_2B ;

г) S_1M .

16. Условие интерференционного максимума при наблюдении колец Ньютона на воздухе имеет вид

а) $\Delta = m \cdot \lambda$;

б) $\Delta = \frac{(m+1)}{2} \cdot \lambda$;

в) $2h = m \cdot \lambda$;

г) $2 \cdot h = \left[\frac{(m-1)}{2m} - 1 \right] \cdot \lambda$;

где h - толщина воздушной прослойки в месте наблюдения, Δ - разность хода лучей, m - целое число.

17. Условие интерференционного минимума при наблюдении колец Ньютона на воздухе имеет вид

а) $\Delta = m \cdot \lambda$;

б) $\Delta = \frac{(m+1)}{2} \cdot \lambda$;

в) $2h = m \cdot \lambda$;

г) $2 \cdot h = \left[\frac{(m-1)}{2m} - 1 \right] \cdot \lambda$;

λ ;

где h - толщина воздушной прослойки в месте наблюдения, Δ - разность хода лучей, m - целое число.

18. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец соответственно 4,0 мм и 4,4 мм. Радиус кривизны линзы равен 6,72 м. Найти длину волны падающего света.

- а) $4,2 \cdot 10^{-7}$ м; б) $5 \cdot 10^{-7}$ м; в) $6 \cdot 10^{-7}$ м; г) $7,3 \cdot 10^{-7}$ м.

19. Установка для получения колец Ньютона освещается белым светом, падающим нормально. Наблюдение производится в отраженном свете. Радиус кривизны линзы равен 5 м. Найти радиус четвертого зеленого кольца ($\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ см).

- а) 2,25 мм; б) 3,16 мм; в) 5,43 мм; г) 10 мм.

20. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм, падающим нормально. Найти толщину воздушного слоя между линзой и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается четвертое темное кольцо в отраженном свете.

- а) 0,4 мкм; б) 0,8 мкм; в) 1,2 мкм; г) 2,4 мкм.

21. Выберите неверные утверждения. Согласно принципу Гюйгенса - Френеля

- а) каждая точка волнового фронта рассматривается как источник вторичных волн;
- б) каждая точка среды рассматривается как источник вторичных волн;
- в) новое положение волнового фронта можно рассматривать как результат интерференции волн от вторичных источников;
- г) вторичные источники волн когерентны.

22. Явление дифракции можно наблюдать в следующих случаях

- а) при преломлении света на границе двух сред;
- б) при прохождении света через малое отверстие в непрозрачном экране;
- в) при огибании светом малых непрозрачных препятствий;
- г) при отражении света от границы раздела двух сред.

23. Выберите правильные утверждения

- а) дифракция - это преломление светового луча на границе двух сред;
- б) дифракция - это отклонение света от прямолинейного распространения и захождение в область геометрической тени;
- в) дифракция подтверждает волновую природу света;
- г) дифракция - это наложение волн от двух когерентных источников.

24. Условие минимума при дифракции на щели выражается формулой

- а) $\sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2b}$; б) $\sin \varphi = k \frac{\lambda}{2b}$; в) $\sin \varphi = k \frac{\lambda}{b}$; г) $\sin \varphi = \frac{x}{2L} k$.

25. Какой должна быть ширина щели, чтобы первый дифракционный минимум наблюдался под углом 90° при освещении красным светом с

длиной волны 760 нм?

- а) $7,6 \cdot 10^{-7}$ м; б) $3,8 \cdot 10^{-7}$ м; в) $11,4 \cdot 10^{-7}$ м; г) ширина щели стремится к 0.

26. Как изменится дифракционная картина на экране при уменьшении ширины щели?

- а) увеличится расстояние между соседними дифракционными полосами;
б) уменьшится расстояние между соседними дифракционными полосами;
в) увеличится ширина отдельных дифракционных полос;
г) уменьшится ширина отдельных дифракционных полос.

27. При каком условии можно наблюдать дифракцию?

- а) длина волны гораздо меньше размеров предмета;
б) длина волны равна размерам предмета;
в) длина волны соизмерима с линейными размерами предмета или больше их;
г) источник волн должен быть когерентным.

28. Минимальная ширина щели, при которой еще будут наблюдаться минимумы интенсивности, равна

- а) длине волны; б) двум длинам волны;
в) половине длины волны; г) однозначного ответа дать нельзя.

29. На щель шириной 3 мкм нормально падает плоская световая волна ($\lambda = 0,5$ мкм). Определить количество наблюдаемых максимумов интенсивности.

- а) 6; б) 10; в) 11; г) 12.

30. Условие максимума для дифракционной решетки имеет вид (b - ширина щели, d - постоянная решетки, Δ - разность хода лучей, λ - длина волны)

- а) $b \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, б) $\Delta = k\lambda$,
в) $d \sin \varphi = k\lambda$, г) $\Delta = d \sin \varphi$.

31. В каких местах экрана при дифракции на решетке наблюдаются максимумы?

- а) против прозрачных щелей;
б) в точках, где совпадают фазы волн, пришедших от различных щелей решетки;
в) в точках, где волны от различных щелей имеют разность хода, равную целому числу длин волн;
г) в точках, где волны от различных щелей имеют разность хода, равную нечетному числу длин полуволн.

32. Что такое угловая дисперсия дифракционной решетки?

- а) явление разложения белого света в спектр;

- б) угловое расстояние между соседними линиями в спектре;
- в) угловое расстояние между линиями, различающимися по длине волны на $\Delta\lambda$;
- г) угловое расстояние между линиями, различающимися по длине волны на единицу.

33. Угловая дисперсия дифракционной решетки увеличивается

- а) с увеличением порядка спектра;
- б) с увеличением периода решетки;
- в) с увеличением числа щелей решетки;
- г) с увеличением длины волны.

34. Разрешающая способность дифракционной решетки характеризует

- а) ширину отдельных спектральных линий;
- б) общую ширину спектра;
- в) расстояние между соседними спектральными линиями;
- г) расстояние между соседними штрихами решетки.

35. Как изменится вид дифракционной картины, если половину дифракционной решетки закрыть непрозрачной преградой?

- а) не изменится;
- б) спектральные линии станут более узкими;
- в) расстояние между спектральными линиями увеличится;
- г) правильного ответа нет.

36. Как изменится вид дифракционной картины, если щели дифракционной решетки перекрыть через одну?

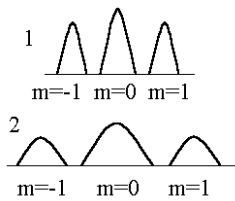
- а) не изменится;
- б) спектральные линии станут более узкими;
- в) расстояние между спектральными линиями увеличится;
- г) правильного ответа нет.

37. Дифракционная решетка имеет 200 штрихов на 1 мм. Каков максимальный порядок спектра, который можно наблюдать целиком (все спектральные линии от красной до фиолетовой) с помощью этой решетки?

- а) 12;
- б) 13;
- в) 6;
- г) 7.

38. Имеются две дифракционные решетки с периодами $d_1 = 10^{-2}$ мм и $d_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ мм и общим числом штрихов $N_1 = 1000$ и $N_2 = 2000$. Выберите правильное соотношение их разрешающих способностей и угловых дисперсий

а) $R_1 > R_2$; $D_1 > D_2$; б) $R_1 < R_2$; $D_1 > D_2$; в) $R_1 > R_2$; $D_1 < D_2$; г) $R_1 < R_2$; $D_1 < D_2$.



39. На рис. в одинаковом масштабе изображены максимумы нулевого и первого порядков двух дифракционных решеток. Выберите правильное соотношение их разрешающих способностей и угловых дисперсий

а) $R_1 > R_2$; $D_1 > D_2$; б) $R_1 > R_2$; $D_1 < D_2$; в) $R_1 < R_2$; $D_1 > D_2$; г)

$R_1 < R_2$
 $D_1 < D_2$

40. Поляризованным называется свет, в котором колебания вектора напряженности электрического поля

- а) происходят в одной плоскости; б) происходят по окружности;
в) упорядочены каким-то образом; г) происходят по определенному закону.

41. Плоскополяризованным называется свет, в котором колебания вектора напряженности электрического поля

- а) происходят в одной плоскости; б) происходят по окружности;
в) упорядочены каким-то образом; г) происходят в одном направлении.

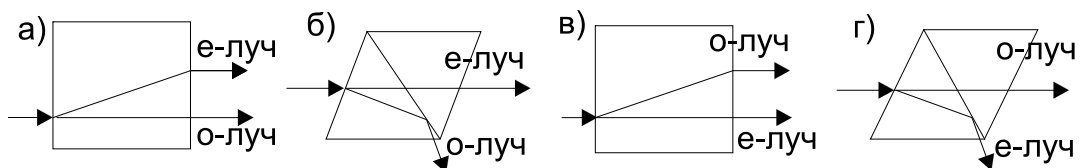
42. Степенью поляризации называется величина

а) $P = \frac{I_{\max}}{I_{\max} + I_{\min}}$; б) $P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$; в) $P = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$; г) $P = \frac{I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$

43. Какие из нижеприведенных утверждений вы считаете правильными

- а) поляризация света происходит при отражении-преломлении;
б) поляризация света происходит при двойном лучепреломлении;
в) поляризация света происходит при двойном лучепреломлении, причем поляризованным является только необыкновенный луч;
г) поляризация света происходит при прохождении его через поляроид.

44. Схема прохождения лучей в призме Николя изображена на рисунке



45. Сущность закона Малюса отражают следующие формулы

а) $J = J_0 \cdot \cos \varphi$; б) $J_0 = J \cdot \cos^2 \varphi$; в) $E_0 = E \cdot \cos \varphi$; г) $E = E_0 \cdot \cos^2 \varphi$;

где J и E - интенсивность и напряженность электрического поля поляризованного света на входе поляризатора, J_0 и E_0 - интенсивность и напряженность электрического поля поляризованного света на выходе поляризатора.

46. От некоторого источника распространяется световой луч, который наблюдатель рассматривает через поляризатор. Вращая поляризатор наблюдатель видит, что яркость света меняется от некоторого минимального значения до максимального. Это означает, что свет от источника является

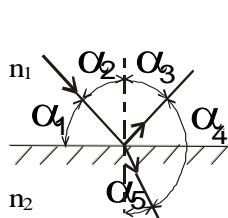
- а) естественным;
- б) поляризованным;
- в) частично поляризованным;
- г) естественным, но после прохождения поляризатора становится поляризованным

47. Анализатор в два раза уменьшает интенсивность света проходящего к нему от поляризатора. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора при этом равен

- а) $\pi/6$;
- б) $\pi/4$;
- в) $\pi/3$;
- г) $\pi/2$.

48. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол 30° , если в каждом из николей в отдельности теряется 20 % интенсивности падающего на него света?

- а) ~ в 1,2 раза;
- б) ~ в 1,5 раза;
- в) ~ в 2 раза;
- г) ~ в 3 раза.



49. Какие из утверждений относительно углов, изображенных на рисунке вы считаете верными

- а) угол α_2 есть угол Брюстера, если угол $\alpha_4 = \pi/2$;
- б) угол α_3 есть угол отражения;
- в) угол α_4 есть угол преломления;
- г) угол α_3 равен $\pi/2$, если α_1 есть угол Брюстера.

50. Чему равен показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч будет полностью поляризован при угле преломления 30° ?

- а) 1,5;
- б) 1,42;
- в) 1,73;
- г) 1,66.

51. Угол Брюстера при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определить скорость света в этом кристалле.

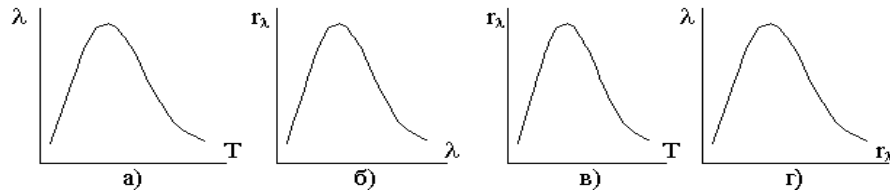
- а) $2,17 \cdot 10^2$ Мм/с;
- б) $1,94 \cdot 10^2$ Мм/с;
- в) $1,73 \cdot 10^2$ Мм/с;
- г) $1,42 \cdot 10^2$ Мм/с.

52. Предельный угол полного отражения пучка света на границе жидкость с воздухом равен 43° . Определить угол Брюстера для падения луча из воздуха

на поверхность этой жидкости.

- а) 43° ; б) 56° ; в) 60° ; г) 73° .

53. Испускательная способность является функцией длины волны и температуры. На каком графике кривая излучения черного тела изображена правильно?



54. Энергетическая светимость черного тела $R = \int_0^{\infty} r_{\lambda} d\lambda$,
где r_{λ} - испускательная способность, на графике (см.рис.)
выражается

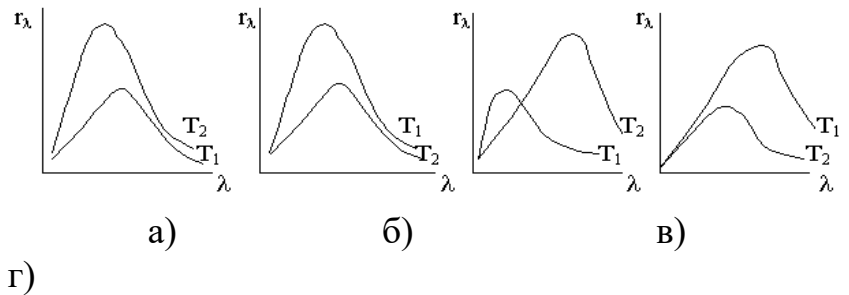


- а) длиной волны, на которую приходится максимум излучения;
б) тангенсом угла наклона касательной к кривой излучения в любой ее точке;
в) значением r_{λ} при $\lambda \rightarrow \infty$;
г) площадью фигуры, ограниченной осью абсцисс и линией графика.
55. Поглощательная способность тела это -
а) лучистый поток, падающий на поверхность тела в единицу времени;
б) поток энергии, поглощенный поверхностью тела в единицу времени;
в) отношение поглощенного потока к падающему;
г) отношение падающего потока к площади поверхности тела.
56. Абсолютно черным телом называют тело, поглощательная способность которого
а) для всех длин волн равна 0; б) для всех длин волн равна 1;
в) для видимого света равна 0; г) для видимого света равна 1.
57. При равных температурах светимость серого тела
а) больше светимости черного тела; б) меньше светимости черного тела;
в) равна светимости черного тела; г) меньше светимости белого тела.
58. При одинаковой яркости тел температура серого тела
а) ниже температуры черного тела; б) ниже температуры белого тела;
в) равна температуре черного тела. г) выше температуры черного тела.
59. Длина волны, на которую приходится максимум излучения черного тела, уменьшилась в 2 раза. Температура тела при этом

- а) уменьшилась в 8 раз;
в) увеличилась в 2 раза;

- б) увеличилась в 8 раз;
г) уменьшилась в 2 раза.

60. Распределение энергии в спектре черного тела при температурах $T_2 > T_1$ правильно изображено кривой



61. При увеличении температуры тела от 1000 К до 2000 К, его энергетическая светимость возросла

- а) в 2 раза; б) в 4 раза; в) в 8 раз; г) в 16 раз.

62. Черное тело нагрели от 500 К до 2000 К. Длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости

- а) увеличилась в 4 раза; б) уменьшилась в 4 раза;
в) не изменилась; г) увеличилась в $\sqrt{2}$ раз.

63. Абсолютно черное тело и серое тело имеют одинаковую яркость. Температура какого тела при этом выше?

- а) температура обоих тел одинакова;
б) температура абсолютно черного тела выше;
в) температура серого тела выше;
г) температура и яркость не связаны друг с другом.

64. Закон Кирхгофа

- а) связывает излучательную способность с энергетической светимостью;
б) позволяет определить излучательную способность абсолютно черного тела;
в) связывает излучательные способности с поглощательными способностями тел;
г) определяет излучательную способность черного тела как функцию длины волн и температуры.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается решить следующие задачи:

ОПК 3

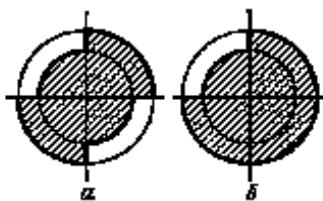
Типовые задания для практических занятий:

1. Свет падает на стекло с показателем преломления 1.72 под таким углом, что отражения света не происходит. Определить угол между преломленным лучом и направлением предельного преломления.
2. Естественный луч света падает на поверхность стеклянной пластинки, погруженной в жидкость. Показатель преломления стекла равен 1.5.
3. Отраженный от пластинки луч образует угол 97° с падающим лучом. Определить показатель преломления жидкости, если отраженный луч поляризован.
4. Один поляроид пропускает 30% света, если на него падает естественный свет. После прохождения света через 2 поляроида интенсивность падает до 9%. Найти угол между осями поляроидов.
5. Плоскополяризованный свет падает на николю так, что угол между плоскостями поляризации света и главного сечения николя равен 60° . Определить толщину николя, если интенсивность света уменьшилась в 6 раз. Коэффициент отражения на грани призм $\rho=0.1$, коэффициент поглощения $K=2 \text{ м}^{-1}$.
6. Пучок естественного света падает на систему из 4-х николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол 30° относительно плоскости пропускания каждого предыдущего николя. Какая часть энергии падающего пучка проходит через такую систему?
7. Естественный свет проходит через два николя. Каков угол между главными сечениями николей, если после удаления одного из них яркость выходящего пучка увеличилась вдвое? Потери энергии в каждом николе составляют 10%.
8. Для сравнения яркости освещения двух поверхностей одну из них рассматривают непосредственно, а вторую – через два николя. Каково отношение яркостей поверхностей, если освещение обеих поверхностей кажется одинаковым при угле между николями 70° ? Каждый николю поглощает 10% проходящей через него энергии.

9. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ?
10. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшилась в 4 раза? Поглощением пренебречь.
11. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшится в 6 раз? Поглощение света в поляризаторе и анализаторе по 15%.
12. Угол между плоскостями поляризации двух поляроидов 35° . Как изменится интенсивность прошедшего через них света, если этот угол увеличить вдвое?
13. При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит 30% светового потока, а через два таких поляризатора – 13.5%. Найти угол между плоскостями пропускания этих поляризаторов.
14. 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.
15. Степень поляризации P частично-поляризованного света равна 0,5. Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной?
16. 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 $\alpha = 30^{\circ}$?
17. На николю падает пучок частично-поляризованного света. При некотором положении николя интенсивность света, прошедшего через него, стала минимальной. Когда плоскость пропускания николя повернули на угол $\beta = 45^{\circ}$, интенсивность света возросла в $k = 1,5$ раза. Определить степень поляризации P света.

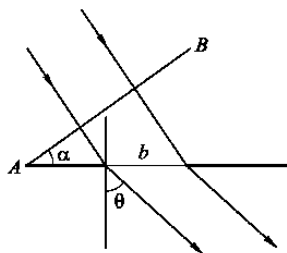
18. Ширина интерференционной полосы $\Delta x = 1$ мм. Расстояние от линии соединения зеркал Френеля до источника $r = 10$ см, до экрана $a = 1$ м. $\lambda = 4861$ А. Найти угол между зеркалами α .
19. В опыте Юнга расстояние d между щелями равно 0,8 мм. На каком расстоянии l от щелей следует расположить экран, чтобы ширина b интерференционной полосы оказалась равной 2 мм?
20. На мыльную пленку ($n = 1.33$) падает белый свет под углом 45° . При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут окрашены в желтый цвет ($\lambda = 600$ нм)?
21. Свет с длиной волны $\lambda = 6000$ А падает на тонкую мыльную пленку под углом φ . В отраженном свете на пленке наблюдаются интерференционные полосы. Расстояние между соседними полосами равно Δx . Показатель преломления мыльной пленки n . Вычислить угол α между поверхностями пленки.
22. В очень тонкой клиновидной пластинке в отраженном свете при нормальном падении наблюдаются интерференционные полосы. Расстояние между соседними темными полосами $\Delta x = 5$ мм. Зная, что длина световой волны равна $\lambda = 5800$ А, а показатель преломления пластинки $n = 1.5$, найти угол α между гранями пластинки.
23. Линза из крона ($n_k = 1.50$) лежит на пластинке, одна половина которой сделана из того же крона, а другая из флинта ($n_{фл} = 1.70$). Прослойка между линзой и пластинкой заполнена сероуглеродом ($n = 1.63$). Описать характер ньютоновых колец в отраженном и проходящем свете.
24. Кольца Ньютона получаются между двумя плосковыпуклыми линзами, прижатыми друг к другу своими выпуклыми поверхностями. Найти радиус m -го темного кольца, если длина световой волны равна λ , а радиусы кривизны выпуклых поверхностей линз равны R_1 и R_2 . Наблюдение ведется в отраженном свете.
25. В установке для наблюдения колец Ньютона плосковыпуклая линза сделана подвижной и может перемещаться в направлении, перпендикулярном к пластинке. Описать, что будет происходить с кольцами Ньютона при удалении и приближении линзы.

26. Найти расстояние между двадцатым и двадцать первым светлыми кольцами Ньютона, если расстояние между вторым и третьим равно 1 мм, а кольца наблюдаются в отраженном свете.
27. Зонная пластинка дает изображение источника, удаленного от нее на 3 м, на расстоянии 2 м от своей поверхности. Где получится изображение источника, если его отодвинуть в бесконечность?
28. Определить фокусное расстояние F зонной пластинки для света с длиной волны 5000 А, если радиус пятого кольца этой пластинки равен 1.5 мм; определить радиус первого кольца этой пластинки.
29. Какова будет интенсивность света I в фокусе зонной пластинки, если закрыть всю пластинку, за исключением верхней половины первой зоны? Интенсивность света без пластинки равна I_0 .
30. Диск из стекла с показателем преломления n (для длины волны λ) закрывает полторы зоны Френеля для точки наблюдения P . При какой толщине h диска освещенность в P будет наибольшая?



31. Между точечным монохроматическим источником света и точкой наблюдения перпендикулярно соединяющей их линии помещен экран, состоящий из секторов двух кругов (см. рисунок). Радиус одного из них равен радиусу 1-й зоны Френеля, другого - радиусу 2-й зоны Френеля. Определить интенсивность света в точке наблюдения, если в отсутствие экрана она равна I_0 .

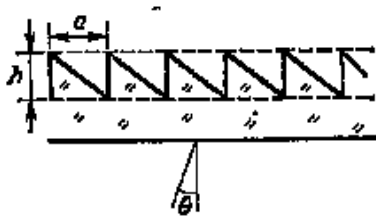
32. Щель постоянной ширины прикрыта двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками толщины d с показателями преломления n_1 и n_2 , примыкающими друг к другу. Одна пластинка закрывает первую половину щели, другая — вторую половину щели. На щель нормально падает плоская монохроматическая волна. При каком условии центр дифракционной картины Фраунгофера будет темным?



33. На щель ширины b положена стеклянная призма с показателем преломления n и преломляющим углом α (см. рисунок). На грань АВ призмы нормально падает плоская монохроматическая волна. Найти направления на нулевой максимум и

минимумы в дифракционной картине Фраунгофера.

34. Найти угловое распределение интенсивности света при френгоферовой дифракции на решетке из N щелей и с периодом d при условии, что световые лучи падают на решетку нормально, а ширина щели равна b .
35. Дифракционная решетка имеет 1000 штрихов. Сколько штрихов должна иметь решетка, чтобы угловая ширина главного максимума уменьшилась в два раза?
36. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Какова должна быть постоянная d дифракционной решетки, чтобы в направлении $\varphi = 41^\circ$ совпадали максимумы линий $\lambda_1 = 656.3$ нм и $\lambda_2 = 410.2$ нм?



37. Рассчитать и проанализировать дифракционную картину при нормальном падении света на пилообразную решетку (см. рисунок), сделанную из стекла с показателем преломления n . Число зубьев решетки равно N ,

$a \gg h$. Длина волны падающего света равна λ .

38. Подсчитать минимальное число штрихов решетки, которая может разрешить натриевый дублет ($\lambda_1 = 5890$ А, $\lambda_2 = 5896$ А) в спектре первого порядка.
39. О зоркости хищных птиц слагают легенды. Оцените, на основе дифракционных соображений, сможет ли орел, летающий над землей на высоте 1 км, разглядеть мышонка размером в 2 см, или он сможет только обнаружить его присутствие. Диаметр зрачка глаза орла не превышает нескольких миллиметров.
40. Каково должно быть фокусное расстояние f_2 окуляра микроскопа, чтобы была полностью использована разрешающая способность объектива? Числовая апертура объектива равна $n \sin \alpha$, фокусное расстояние объектива f_1 , длина тубуса (трубы микроскопа) L . Длину тубуса можно считать равной расстоянию между объективом и плоскостью первого изображения (т.е. изображения, даваемого объективом).
41. С помощью объектива телескопа с диаметром D и фокусным расстоянием f производится фотографирование удаленных объектов на мелкозернистой пластинке, помещенной в фокальной плоскости

объектива. Полученное изображение рассматривается в микроскоп с числовой апертурой $n \sin \alpha$ и увеличением N . Каким условиям должны удовлетворять числовая апертура и увеличение микроскопа, чтобы полностью использовать разрешающую способность объектива телескопа?

42. Пластинка кварца толщиной в 1 мм, вырезанная перпендикулярно к оптической оси, помещена между параллельными николями. Для некоторой длины волны вращение плоскости поляризации равно 20° . При какой толщине кварца d свет данной длины волны будет полностью погашен?
43. Найти частоту собственных колебаний ν молекулы брома, дающей при комбинационном рассеянии линии $\lambda = 3131,6 \text{ \AA}$ спутник с длиной волны $\lambda = 3164,0 \text{ \AA}$.
44. Найти отношение интенсивностей фиолетовых и красных спутников в комбинационном спектре рассеяния CCl_4 при температуре 27°C , если частоты нормальных колебаний CCl_4 равны 217, 315, 457 и 774 см^{-1} .
45. Лазер на рубине излучает в импульсе длительностью $\tau = 0,5 \text{ мс}$ энергию $E = 10 \text{ Дж}$ в виде почти параллельного светового пучка. Рабочая длина волны лазера $\lambda = 6943 \text{ \AA}$, ширина линии $\Delta\lambda = 0,01 \text{ \AA}$. Определить по спектральной плотности излучаемой энергии эффективную температуру $T_{\text{эф}}$ в лазерном пучке.

ПК 4:

1. Определить угол полной поляризации, если свет падает из воды (показатель преломления 1.33) в стекло (1.6). Как поляризован падающий луч, если в этом случае отраженные лучи отсутствуют?
2. Определить скорость света в алмазе, если угол полной поляризации света при отражении от поверхности алмаза равен $67^\circ 30'$.
3. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторой жидкости равен 49° . Определить угол полной поляризации.
4. Луч света последовательно проходит через 2 николя, плоскости пропускания которых образуют угол 40° . Принимая, что коэффициент поглощения каждого николя равен 0.2, найти, во сколько раз луч,

выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с лучом, падающим на первый николь. Свет естественный.

5. Угол α между плоскостями пропускания поляроидов равен 60° . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в 16 раз. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения света в поляроидах.
6. Выразить расстояние x от центра интерференционной картины до m -й светлой полосы в опыте с бипризмой Френеля. Показатель преломления призмы n , длина волны λ , преломляющий угол α . Интерферирующие лучи падают на экран приблизительно перпендикулярно. Расстояние от источника до бипризмы a , от бипризмы до экрана b .
7. От двух когерентных источников света получена система интерференционных полос на экране, удаленном от источников на расстояние $a = 2$ м. Во сколько раз изменится ширина интерференционных полос, если между источниками и экраном поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 25$ см. Рассмотреть два случая: 1) расстояние линзы от источников равно $2F = 50$ см; 2) источники находятся в фокальной плоскости линзы.
8. Из линзы с фокусным расстоянием $F = 50$ см вырезана центральная часть ширины a . Обе половины линзы сдвинуты до соприкосновения. По одну сторону линзы помещен точечный источник монохроматического света ($\lambda = 6000$ Å). С противоположной стороны линзы помещен экран, на котором наблюдаются полосы интерференции. Расстояние между соседними светлыми полосами $\Delta x = 0.5$ мм и не изменяется при перемещении экрана вдоль оптической оси. Найти a .
9. Найти число полос интерференции N , получающихся с помощью бипризмы, если ее показатель преломления n , преломляющий угол α , длина волны источника λ . Расстояние источника света от бипризмы равно a , а расстояние бипризмы от экрана равно b .
10. Изменяется ли разрешающая способность и дисперсионная область дифракционной решетки, если, закрепив неподвижно трубу, в которую наблюдаются дифракционные спектры, закрыть через одну щели решетки?

11. Подсчитать разрешающую способность зрительной трубы с диаметром объектива 5 см. 2) При каком увеличении будет использована полная разрешающая способность этой трубы? Диаметр зрачка глаза $d = 5$ мм.
12. Исходя из ограничений, налагаемых дифракцией, вычислить максимальное расстояние l , на котором человеческий глаз может различить две светящиеся фары автомобиля. Расстояние между фарами 120 см. Длина волны света $\lambda = 550$ нм. Диаметр зрачка 5 мм.
13. Чему равна разность показателей преломления Δn для право- и левополяризованного по кругу света длины волны $\lambda = 5893$ А в кварце, если известно, что вращение плоскости поляризации в кварце для этой длины волны равно $21,7^\circ$ на 1 мм?
14. В области аномальной дисперсии $dv/d\lambda < 0$ (v — фазовая скорость, λ — длина волны в среде). В этой области возможен случай, когда групповая скорость $u = v - \lambda dv/d\lambda$ будет больше скорости света c в вакууме. Как согласовать это с выводом теории относительности о невозможности сигналов, распространяющихся со скоростью больше c ?

2. Промежуточная аттестация

Вопросы для проверки знаний при освоении дисциплины:

ОПК 3

1. Как фазовая скорость распространения световой волны связана с групповой?
2. Объяснить чередование цвета в дисперсионном спектре, полученном с помощью призмы.
3. Объяснить влияние размера источника света на видность интерференционной картины.
4. Объяснить влияние степени некогерентности света на видность интерференционной картины.
5. Написать формулы для распределения интенсивности света при дифракции Фраунгофера на прямоугольной щели и амплитудной дифракционной решетке.
6. Перечислить факторы, влияющие на разрешающую способность дифракционной решетки.
7. Сформулировать основную идею, лежащую в основе метода голографии.

8. Общий принцип действия лазера.
9. Сформулировать основные положения электронной теории дисперсии света.
10. Сформулировать основные законы теплового излучения.

ПК 4:

1. Чем поляризованный свет отличается от естественного?
2. Как связаны между собой векторы напряженности электрического и магнитного полей в световой волне с вектором Умова-Пойнтинга?
3. Какие характеристики световой волны изменяются при переходе света из одной среды в другую?
4. Как получить эллиптически поляризованный свет?
5. Что такое когерентные волны? Почему интерференцию можно наблюдать только при постоянной разности фаз?
6. Можно ли наблюдать интерференционную картину от двух независимых источников света?
7. Как можно улучшить разрешающую способность дифракционной решетки, телескопа, микроскопа?
8. Можно ли с помощью одного поляроида отличить неполяризованный свет от света, поляризованного по кругу?
9. Как на основе законов рассеяния объяснить синеву неба и красный цвет зари?
10. Комбинационное рассеяние света и его практическое применение.

Задачи для проверки умений при освоении дисциплины.

ОПК 3

1. Вывести формулы Френеля для случая нормального падения света на границу раздела двух сред.
2. Получить формулу, связывающую плотность потока энергии и объемную плотность энергии световых волн.
3. Рассчитать интенсивность света, прошедшего из воздуха в стекло при нормальном падении на границу раздела относительно интенсивности падающего пучка.

4. Получить закон Брюстера из формул Френеля.
5. Рассчитать ширину интерференционной картины в любой интерференционной схеме, основанной на методе деления волнового фронта.
6. Получить формулу для интенсивности при многолучевой интерференции от N когерентных источников.
7. Применить метод зон Френеля для объяснения дифракции Френеля на круглом препятствии.
8. Вывести формулы для основных спектральных характеристик дифракционной решетки.
9. Вывести формулу для разрешающей способности микроскопа.
10. На основе расчета основных спектральных характеристик доказать преимущества эшелетта по сравнению с обычной амплитудной решеткой.

ПК 4:

1. Направления распространения двух плоских волн одной и той же длины λ составляют друг с другом малый угол φ . Волны падают на экран, плоскость которого приблизительно перпендикулярна к направлению их распространения. Написав уравнения обеих плоских волн и сложив поля этих волн, показать, что расстояние Δx между двумя соседними интерференционными полосами на экране определяется выражением $\Delta x = \lambda/\varphi$.
2. Оценить допустимую величину преломляющего угла бипризмы Френеля в интерференционной схеме по методу деления волнового фронта.
3. Перечислить и обосновать все способы превращения колец Ньютона в инверсные?
4. Вычислить радиус m -й зоны Френеля, если расстояние от источника до зонной пластинки равно a , а расстояние от пластинки до места наблюдения равно b . Длина волны λ . Вычислить радиус m -й зоны Френеля при условии, что на зонную пластинку падает плоская волна.
5. Как отличить частично-поляризованный свет от эллиптически-поляризованного света? Нарисовать и объяснить схему.

6. Сделать оценочный расчет, показывающий, что в оптическом микроскопе нельзя рассмотреть молекулы?
7. Оценить разрешающую способность человеческого глаза.
8. Описать основной принцип действия интерференционных светофильтров.
9. Как отличить пластинку кварца, вырезанную перпендикулярно к оси, от пластинки кварца, вырезанной параллельно оси, имея в своем распоряжении два николя и источник белого света?
10. Определить температуру T Солнца, принимая его за абсолютно черное тело, если известно, что максимум интенсивности спектра Солнца лежит в зеленой области ($\lambda = 500$ нм).

3. Рубежный контроль в учебном плане не предусмотрен.

Требования к рейтинг-контролю. В течение семестра два раза (на модульных неделях) необходимо:

- 1) сдать преподавателю решения домашних задач, полученных из указанных сборников задач,
- 2) ответить на теоретические вопросы. Примеры вопросов:
 1. Сформулировать основные законы геометрической оптики.
 2. В чем заключается явление полного внутреннего отражения?
 3. Записать систему уравнений Максвелла.
 4. Написать основные соотношения между векторами напряженностей плоской электромагнитной волны и волновым вектором.
 5. Написать уравнение плоской монохроматической волны, которая распространяется в направлении, определяемом волновым вектором.
 6. Какова связь между абсолютными значениями векторов напряженностей электрического и магнитного полей в плоской волне.
 7. Какой физический смысл показателя преломления среды? Как он связан с диэлектрической и магнитной проницаемостями?
 8. Написать граничные условия для тангенциальных составляющих векторов напряженностей электрического и магнитного полей.

9. Получить амплитудные соотношения при нормальном падении электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков.
10. Написать выражение для вектора Умова-Пойнтинга и пояснить его физический смысл.
11. Дать определение интенсивности света. Как интенсивность связана с амплитудой волны?
12. Как связаны между собой фазовая и групповая скорости? Пояснить смысл введения групповой скорости.
13. Написать формулы Френеля для амплитуд отраженного света.
14. Проанализировать фазовые соотношения для отраженного и преломленного света на основе формул Френеля.
15. Дать определения коэффициентов отражения и пропускания света. Получить их выражения для случая нормального падения электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков.
16. Что такое когерентность волн?
17. В чем заключается явление интерференции световых лучей?
18. Что такое время когерентности? Как длина когерентности связана со временем когерентности?
19. Что такое оптическая длина пути?
20. Какому условию должна удовлетворять разность хода между интерферирующими лучами для наблюдения в заданной точке максимума (минимума) интенсивности?
21. Опишите схемы для реализации интерференции в оптике.
22. В каком случае в результате интерференции на экране образуются полосы, а в какой кольца?
23. Что такое полосы равной толщины и равного наклона?
24. Почему центр колец Ньютона, наблюдаемых в отраженном свете, темный?
25. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
26. Что называется дифракцией Френеля и дифракцией Фраунгофера?

27. Какова интенсивность света I в фокусе зонной пластинки, если закрыты все зоны, кроме первой? Интенсивность света без пластинки равна I_0 .
28. Получить уравнение дифракционной решетки.
29. Как изменится дифракционная картина от дифракционной решетки, если ее щели перекрыть через одну?
30. Что такое фазовая и амплитудная дифракционные решетки?
31. Что такое синусоидальная дифракционная решетка?
32. Что такое разрешающая способность оптических приборов?
33. Сформулировать критерий Рэлея для разрешающей способности дифракционной решетки.
34. Оценить разрешающую способность человеческого глаза.
35. Как улучшить разрешающую способность микроскопа?
36. Назвать основные характеристики спектральных приборов.
37. Как отличить свет с круговой поляризацией от неполяризованного света?
38. Как отличить частично-поляризованный свет, от света с эллиптической поляризацией?
39. Что такое фазовые пластинки $\lambda/2$ и $\lambda/4$?
40. В чем экспериментальная трудность изучения аномальной дисперсии?
41. Что такое оптическая активность?
42. Каким образом угол поворота плоскости поляризации в эффекте Фарадея зависит от величины внешнего магнитного поля?
43. Может показатель преломления быть меньше единицы?
44. Как связаны между собой поглощательная и излучательная способности тела?
45. Получить формулу смещения Вина из формулы Планка.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

1. Лекции и практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных мультимедийной техникой. DLP проектор для демонстрации презентаций и учебных фильмов,
2. доступ к сети Интернет

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Лекционная аудитория № 226 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1 Микшерный пульт Yamaha MG-124C 2 Аудиокомплект (мик. пульт, акуст. усилитель, акуст. система, радиосистема) 3 Интерактивная система SMART Board 660i4 4 Мультимедийный проектор Epson EB-4850WU с потолочным креплением 5 Телекоммуникационный шкаф ШТК-М-18.6.6-3AAA с полками 6 Телекоммуникационный шкаф ШТК-М-18.6.6-3AAA с полками 7 Экран настенный Lumien 8 Компьютер iRU Corp 510 15-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21,5'' 9 Комплект учебной мебели на 110</p>	<p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №1842 30.11.2020. MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Microsoft Visual Studio 2019 - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Mozilla Firefox -бесплатно</p>

	посадочных мест 10 Меловая доска	
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Учебная аудитория № 202Б (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1 Экран настенный Lumien 2. Комплект учебной мебели на 24 посадочных места 3. Меловая доска 4. Комплект переносной техники (ноутбук и проектор)	Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций,	1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS-1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд	Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009 Google Chrome - бесплатно Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно Lego MINDSTORM EV3 -

<p>текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели</p>	<p>бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Express Studio 4 - бесплатно MiKTeX 2.9 - бесплатно MPICH 64-bit – бесплатно MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>
---	---	---

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания, утвердившего изменения
1	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
2	Раздел IV	Скорректированы задания для промежуточной аттестации в соответствии с обновленным «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
3	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
4	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
5	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за	Протокол Совета ФТФ № 6 от 15.01.2019 г.

		дисциплиной компетенций	
6	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
7	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
8	Раздел IX	Актуализированы данные на основе Справки МТО ООП	Протокол Совета ФТФ №14 от 03.07.2021
9	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №14 от 03.07.2021