

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
*общей физики*



/ Турищев С.Ю. /

13.06.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.21 Оптика**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.03.02 Физика
2. Профиль подготовки/специализация: Физика лазерных и спектральных технологий
3. Квалификация выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0801 кафедра общей физики  
Составители программы:  
Меремьянин Алексей Васильевич, доктор физико-математических наук
7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета,  
протокол № 6 от 13.06.2024г.
8. Учебный год: 2025/2026 Семестр(ы)/Триместр(ы): 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- сформировать у студентов научную картину мира и дать им основные понятия о научном методе познания;
- привить представления об оптике – учении о физических явлениях, связанных с распространением коротких электромагнитных волн на основе простейших абстрактных моделей с использованием математического аппарата;
- изложить студентам классическую теорию о свойствах света и его физической природе, законах распространения и взаимодействия с веществом.

Задачи дисциплины:

- обучить студентов основным понятиям и методам исследования оптических явлений в объёме, достаточном для изучения других физических дисциплин на современном научном уровне;
- развить навыки физического мышления;

сформировать у студентов навыки решения типовых задач по оптике.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Оптика» относится к дисциплинам базовой части цикла Б1 основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 03.03.02 «Физика». Для освоения дисциплины «Оптика» необходимы знания, умения и компетенции в объёме курса Б1.0.20 «Электричество и магнетизм», годового курса математического анализа Б1.0.12 и курса Б1.0.13 аналитической геометрии и линейной алгебры основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 03.03.02 «Физика».

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований» и А/02.5 «Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок» профессионального стандарта 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».

Данная дисциплина является предшествующей для общепрофессиональных и профессиональных дисциплин, таких как «Атомная физика», «Астрофизика», «Оптоэлектроника», «Молекулярная спектроскопия», «Электродинамика», «Радиофизика и электроника», «Квантовая теория», «Оптическая спектроскопия твёрдого тела». Знания, полученные при освоении дисциплины «Оптика», необходимы при прохождении производственных практик и выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы по физике.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.4	Решает типовые задачи с учётом основных понятий и общих закономерностей, сформулированных в рамках базовых дисциплин естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	Студент должен: <p>знать методы решения типовых физических задач анализа оптических систем;</p> <p>уметь выбирать оптимальные способы решения задач оптики, оценивать адекватность найденного решения;</p> <p>владеть методами построения физической модели исследуемого явления.</p>
		ОПК-1.5	Умеет использовать знания основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Студент должен: <p>знать основные положения современной оптики и её разделов, таких как: электромагнитные волны в вакууме, шкала электромагнитных колебаний, условия на границе раздела, геометрическая оптика, центрированные оптические системы, основные оптические инструменты, погрешности оптических систем, фотометрия, интерференция световых волн, дифракция световых волн, поляризация света, основы кристаллооптики, электро- и магнитооптические явления, поглощение и рассеяние света, основы теории излучения, основы нелинейной оптики, голография, лазеры;</p> <p>уметь: применять методы оптики для анализа явлений природы и технических процессов, создавать элементарные модели оптических явлений и проводить соответствующие оценочные расчёты;</p> <p>владеть: методами построения простых математических моделей оптических явлений и методами их качественного анализа</p>
		ОПК-1.6	Владеет навыками использования знаний о методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук при решении практических задач, структурирования естественно-научной информации	Студент должен: <p>знать: основные принципы современных методов исследования оптических явлений, их достоинства, недостатки и ограничения;</p> <p>уметь: осуществлять поиск научной информации, оценивать её достоверность;</p> <p>владеть: технологиями поиска научной информации</p>
ОПК-2	Способен проводить научные исследования	ОПК-2.1	Выбирает и использует соответствующие ресурсы,	Студент должен: <p>знать методы измерений оптических величин, таких как: длина волны излучения, коэффициент преломления света,</p>

	физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;		современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений	коэффициенты пропускания и поглощения, освещённость, яркость, сила света, световой поток; уметь: проводить измерения указанных величин с помощью лабораторного оборудования; владеть: навыками проведения физического эксперимента, навыками работы с современным лабораторным оборудованием
		ОПК-2.2	Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	Студент должен: знать элементарную теорию измерений; уметь выявлять источники погрешностей измерений, выбирать оптимальные способы измерений; владеть методами оценки величин погрешностей измерений, методами наглядного представления результатов измерений

**12. Объем дисциплины в зачётных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) – 6/216**

**Форма промежуточной аттестации зачёт/экзамен**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
Аудиторные занятия		144		152
в том числе:	лекции	48		48
	практические	32		32
	лабораторные	64		64
Самостоятельная работа		36		36
в том числе: курсовая работа (проект)		–	–	
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)		36		36
Итого:		216		216

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Электромагнитные волны	1. Предмет и задачи курса «Оптика». Плоская электромагнитная волна. 2. Условия на границе раздела. Формулы Френеля. 3. Шкала электромагнитных колебаний. 4. Фотометрические величины.	<a href="#">Курс общей физики - Оптика (edu.vsu.ru)</a>
1.2	Геометрическая оптика	5. Геометрическая оптика. 6. Матричная оптика. 7. Оптические инструменты. Погрешности оптических систем.	
1.3	Интерференция света	8. Двухлучевая интерференция, опыт Юнга. 9. Классические интерференционные схемы. Многолучевая интерференция. 10. Интерферометры.	
1.4	Дифракция света	11. Дифракция света. Дифракция Френеля на круглом отверстии, щели. 12. Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решётка. 13. Дифракционный предел разрешающей способности. Голография.	
1.5	Поляризация света	14. Поляризация света. 15. Двойное лучепреломление. 16. Интерференция поляризованных волн. Волновые пластинки. 17. Искусственное двойное лучепреломление.	
1.6	Взаимодействие света с веществом	18. Дисперсия света. Классическая теория дисперсии. 19. Групповая скорость. 20. Поглощение света. Рассеяние света.	
1.7	Излучение света	21. Виды излучения. Тепловое излучение. Абсолютно чёрное тело. 22. Законы теплового излучения. Формула Планка. 23. Вынужденное излучение. Лазеры. 24. Основы нелинейной оптики.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Электромагнитные волны	1. Электромагнитные волны в вакууме. 2. Фотометрия.	<a href="#">Курс общей физики - Оптика (edu.vsu.ru)</a>
2.2	Геометрическая оптика	3. Преломление света 4. Центрированные оптические системы. 5. Оптические инструменты	
2.3	Интерференция света	6. Двухлучевая интерференция. 7. Интерференция в тонких плёнках.	
2.4	Дифракция света	8. Дифракция Френеля. 9. Дифракция Фраунгофера. 10. Разрешающая способность объектива.	
2.5	Поляризация света	11. Анализ поляризованного света. 12. Двойное лучепреломление.	
2.6	Взаимодействие света с веществом	13. Дисперсия света 14. Поглощение света	
2.7	Излучение света	15. Законы теплового излучения. 16. Формула Планка, коэффициенты Эйнштейна.	
<b>3. Лабораторные занятия</b>			

3.1.	Вводное занятие.	Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Оптика».	<a href="http://edu.vsu.ru">Курс общей физики - Оптика (edu.vsu.ru)</a>
3.2	Лабораторная работа 1	Определение фокусного расстояния сложного объектива с помощью оптической скамьи ОСК-2	
3.3.	Лабораторная работа 2	Исследование дисперсии стеклянной призмы	
3.4	Лабораторная работа 3	Изучение спектрального прибора УМ-2. Определение красной границы фотоэффекта.	
3.5	Лабораторная работа 4	Исследование спектров поглощения растворов.	
3.6	Лабораторная работа 5	Измерение показателя преломления жидкостей с помощью рефрактометра.	
3.7	Лабораторная работа 6	Изучение явления интерференции с помощью бипризмы Френеля	
3.8	Лабораторная работа 7	Определение длины световой волны с помощью колец Ньютона	
3.9	Лабораторная работа 8	Дифракция Френеля на круглом отверстии.	
3.10	Лабораторная работа 9	Изучение дифракции Фраунгофера на щели и тонкой нити.	
3.11	Лабораторная работа 10	Изучение дифракции Фраунгофера на отверстиях различной формы и решётках.	
3.12	Лабораторная работа 11	Получение и анализ поляризованного света.	
3.13	Лабораторная работа 12	Изучение тонкой структуры зелёной линии ртути с помощью интерферометра Фабри-Перо	
3.14	Лабораторная работа 13	Дифракция лазерного излучения на различных преградах.	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Электромагнитные волны	8	4	10	5	27
2	Геометрическая оптика	6	6	6	5	23
3	Интерференция света	6	4	10	5	25
4	Дифракция света	6	6	10	5	27
5	Поляризация света	8	4	12	5	29
6	Взаимодействие света с веществом	6	4	12	5	27
7	Излучение света	8	4	4	6	22
	Итого:	48	32	64	36	180

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Для освоения курса студенту надлежит посещать лекционные, практические и лабораторные занятия, по необходимости вести записи. Перед следующей лекцией необходимо проработать дома материал, записанный на предыдущей лекции с привлечением рекомендуемой основной литературы. Для более полного освоения материала рекомендуется ознакомиться с дополнительной литературой по указанным вопросам. Необходимо решать дома полностью домашнее задание и в случае затруднений обращаться к преподавателям за разъяснениями.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : [учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов] : [в 5 т.] / Д.В. Сивухин .— Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012- .— ISBN 5-9221-0229-X. Т. 4: Оптика .— Изд. 3-е, стер. — 2013 .— 791 с. : ил. — Указ.: с.784-791 .— ISBN 5-9221-0228-1.
2	Паршаков, Александр Николаевич. Оптика в ключевых задачах : [учебное пособие] / А.Н. Паршаков .— Москва : Интеллект, 2016 .— 254, [1] с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-91559-212-3.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Практикум по курсу общей физики. Оптика : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост.: [О.М. Голицына и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008 .— 19 с.
2	Курс общей физики. Оптика : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост. : В.Е. Рисин, А.Е. Гриднев .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008 .— 28 с.
3	Дифракционная оптика и нанопотоника / [Е.А. Безус и др.] ; под ред. В.А. Соифера .— Москва : Физматлит, 2014 .— 606 с. : ил .— Авт. указаны на обороте тит. л. и в конце кн. — Библиогр. в конце глав .— ISBN 978-5-9221-1571-1.
4	Практикум по решению задач по общему курсу физики. Колебания и волны. Оптика : [учебное пособие по физике для студ., обуч. по техн. направлениям и специальностям] / Н.П. Калашников [и др.] ; под ред. Н.М. Кожевникова .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013 .— 206 с.
5	Бутиков Е.И. Оптика / Е.И. Бутиков - М. : Высш. шк., 1986. — 512 с.
6	Савельев И.В. Курс общей физики / И.В.Савельев - М. : Физматлит, 1998. – Кн. 4. – 256 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	<a href="http://www.edu.vsu.ru">www.edu.vsu.ru</a> – образовательный портал ВГУ

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Фриш С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 т. / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева .— СПб. [и др.] : Лань, 2006.— Т.3: Оптика. Атомная физика .— Изд. 9-е, стер. — 2007 .— 648 с.
2	Ландсберг Г. С. Оптика : учебное пособие для физ. специальностей вузов / Г. С. Ландсберг .— Изд. 6-е, стер. — М. : Физматлит, 2006 .— 848 с.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

Для реализации учебной дисциплины используются следующие информационные технологии: элементы программирования (для обработки результатов экспериментов в лабораторных работах), работа с электронными ресурсами на порталах [www.edu.vsu.ru](http://www.edu.vsu.ru) (лекции на образовательных платформах, выкладывание электронных вариантов задачников, учебных пособий на личных страницах преподавателей в образовательном портале), [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) (работа с электронной базой данных библиотеки ВГУ);

использование в подготовке материалов лекций и в работе со студентами различных программных математических продуктов, таких как Maxima и др.

### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

---

Лекционная аудитория, доска меловая или маркерная 1 шт., столы, стулья в необходимом количестве.

Лабораторные работы по электричеству и магнетизму проводятся в лаборатории кафедры общей физики №427 (по подгруппам до 15 человек). Лаборатория оснащена необходимым количеством рабочих мест (28 столов, из них стол для преподавателя, стол для лаборанта, 4 стола без оборудования, 22 стола с оборудованием для выполнения лабораторных работ по курсу «Колебания и волны, оптика», 45 стульев), компьютером для обработки результатов вычислений, комплектами для выполнения лабораторных работ:

- лабораторные комплексы ЛКО-11, ЛКО-1А, ЛКО-3;
- лабораторные модули МРО-1, МРО-2, МРО-3, МУК-ОВ включающие, в том числе, гелий-неоновый и полупроводниковый лазеры, гониометры, рефрактометр, фотоколориметры, монохроматоры, оптические модульные установки с наборами модулей, объективы, дуговые ртутные лампы с источниками питания, поляриметры, микроскопы, линзы, кюветы, колбы, мензурки, химикаты, голографическая демонстрационная установка);
  - поляриметр круговой СМ-3;
  - рефрактометр ИФР-454Б2М;
  - фотометр КФК-5М;
  - дифракционные решётки 530 линий/мм (5 шт.);
  - диафрагма с одиночной щелью и нитью (5 шт.);
  - кристалл с двухлучевым преломлением (2 шт.);
  - лабораторная установка «Дифракция на одной щели» (4 шт.);
  - лабораторная установка «Закон Стефана-Больцмана» (2 шт.);
  - лабораторная установка «Уравнение линзы» (2 шт.);
  - лабораторная установка «Бипризма Френеля» (2 шт.);
  - спектрофотометр ПЭ-5300ВИ (2 шт.);
  - стеклянная вставка для опытов с кольцами Ньютона (3 шт.);
  - Учебная установка "Изучение внешнего фотоэффекта" Модель ЭЛБ-190.028.04 (1 шт.);
  - Цифровая фотокамера Olympus;
  - Компьютер HP ProDesk 400 G5 DM с монитором ЖК 22" BenQ BL2283 и колонками (1 шт.).

Аудитория для самостоятельной работы студентов кафедры общей физики №134 (г. Воронеж, Университетская площадь, д.1). Компьютеры DELL – 4 шт., Подключение к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.



## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Электромагнитные волны	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Практическое занятие . Контрольная работа .
2	Геометрическая оптика	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Практическое занятие . Коллоквиум.
3	Интерференция света	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Практическое занятие .
4	Дифракция света	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Практическое занятие .
5	Поляризация света	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Практическое занятие .
6	Взаимодействие света с веществом	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Практическое занятие .
7	Излучение света	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Практическое занятие .
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен, зачёт				Перечень вопросов

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

контрольные работы.

Контрольные работы проводятся аудиторно или на портале [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru). Время, отведённое на выполнение контрольной работы: 2 академических часа. При выполнении контрольной работы студент не может пользоваться справочными материалами в любом виде. Допустимо использование простого калькулятора.

#### Типовые задания для контрольных работ:

**Тема:** Отражение и преломление электромагнитных волн. Интерференция и дифракция волн

Задание 1. Определить относительную потерю светового потока за счёт отражений при прохождении параксиального пучка естественного света через центрированную оптическую систему из трёх стеклянных ( $n = 1,5$ ) линз.

Задание 2. Луч света проходит через жидкость, налитую в стеклянный ( $n = 1,5$ ) сосуд и отражается от дна. Отраженный луч полностью поляризован при падении его на дно сосуда под углом  $42^\circ 37'$ . Найти показатель преломления жидкости.

Задание 3. В схеме опыта Юнга источник света состоит из лампы накаливания и светофильтра, пропускающим свет в интервале  $0,48 - 0,52$  мкм. Сколько примерно интерференционных полос можно наблюдать на экране?

Задание 4. Плоская монохроматическая световая волна с интенсивностью  $I_0$  падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Какова интенсивность света  $I$  за экраном в точке, для которой отверстие сделали равным полтора зонам Френеля.

### **Тема: Распространение света в изотропных и анизотропных средах**

Задание 1. Степень поляризации частично поляризованного света  $P=0,25$ . Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.

Задание 2. На поверхность воды под углом Брюстера падает пучок плоскополяризованного света. Плоскость колебаний светового вектора составляет угол  $\varphi = 45$  градусов с плоскостью падения. Найти коэффициент отражения.

Задание 3. Естественный монохроматический свет падает на систему из двух скрещенных поляризаторов, между которыми находится кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно к оптической оси. Найти минимальную толщину пластинки, при которой эта система будет пропускать  $\eta = 0,30$  светового потока, если постоянная вращения кварца  $\alpha = 17$  угл.град/мм.

### **Коллоквиумы**

Коллоквиум 1. Отражение и преломление электромагнитных волн. Интерференция и дифракция волн. Геометрическая оптика.

#### Список вопросов.

- Электромагнитные волны. Уравнения Максвелла.
- Отражение электромагнитных волн.
- Преломление электромагнитных волн.
- Показатель преломления вещества.
- Полное внутренне отражение.
- Постулаты геометрической оптики. Принцип Ферма.
- Преломление сферической поверхностью. Тонкая линза.
- Центрированные оптические системы.
- Оптические инструменты.
- Погрешности оптических систем.
- Интерференция электромагнитных волн.
- Интерференция света при отражении от тонких пластин и плёнок полосы. равного наклона и полосы равной толщины.
- Кольца Ньютона.
- Дифракция Френеля на простых объектах.
- Дифракция Фраунгофера.
- Дифракционная решётка.
- Поперечность световых волн. Поляризация света.

## Коллоквиум №2. Распространение света в изотропных и анизотропных средах.

### Список вопросов.

- Анизотропные среды. Двойное лучепреломление.
- Плоские монохроматические волны в анизотропной среде. Одноосные кристаллы.
- Тензор диэлектрической проницаемости анизотропной среды.
- Анализ хода лучей в кристаллах с помощью построений Гюйгенса.
- Кристаллические поляризационные устройства.
- Интерференция поляризованных лучей.
- Гиротропия или естественная оптическая активность.
- Электрооптические и магнитооптические явления.

### Критерии оценки:

Оценка «отлично»: даны полные, развёрнутые ответы на четыре вопроса коллоквиума. Ответы должны отличаться логической последовательностью, чёткостью, умением делать выводы. Ответ структурирован. Допускаются незначительные недочёты со стороны обучающегося, исправленные им в процессе ответа.

Оценка «хорошо»: дан полный аргументированный ответ на три вопроса коллоквиума, при ответе на один вопрос имеются существенные недочёты. Возможны некоторые упущения в ответах, однако в целом содержание вопроса раскрыто полно.

Оценка «удовлетворительно»: даны неполные ответы на вопросы коллоквиума, либо дан ответ лишь на два вопроса из четырёх. Слабо аргументированный ответ, свидетельствующий об элементарных знаниях по дисциплине.

Оценка «неудовлетворительно»: отмечено незнание и непонимание поставленных вопросов, слабые ответы на вопросы из предоставленных обучающемуся. Отсутствие аргументации при ответе.

## **Лабораторные работы**

Перечень лабораторных работ

(13 лабораторных работ)

Лабораторная работа 1. Определение фокусного расстояния сложного объектива с помощью оптической скамьи ОСК-2.

Лабораторная работа 2. Исследование дисперсии стеклянной призмы.

Лабораторная работа 3. Изучение спектрального прибора УМ-2. Определение красной границы фотоэффекта.

Лабораторная работа 4. Исследование спектров поглощения растворов.

Лабораторная работа 5. Измерение показателя преломления жидкостей с помощью рефрактометра.

Лабораторная работа 6. Изучения явления интерференции с помощью бипризмы Френеля.

Лабораторная работа 7. Определение длины световой волны с помощью колец Ньютона.

Лабораторная работа 8. Дифракция Френеля на круглом отверстии.

Лабораторная работа 9. Изучение дифракции Фраунгофера на щели и тонкой нити.

Лабораторная работа 10. Изучение дифракции Фраунгофера на отверстиях различной формы и решётках.

Лабораторная работа 11. Получение и анализ поляризованного света.

Лабораторная работа 12. Изучение тонкой структуры зелёной линии ртути с помощью интерферометра Фабри-Перо.

Лабораторная работа 13. Дифракция лазерного излучения на различных преградах.

### ***Комплект вопросов к работам лабораторного практикума.***

Лабораторная работа № 1. Определение фокусного расстояния сложного объектива с помощью оптической скамьи ОСК-2.

- Преломление в линзе. Формула тонкой линзы.
- Центрированная система, ее кардинальные элементы.
- Построение изображений в центрированной системе.
- Методика измерений (нарисовать и объяснить ход лучей, проанализировать рабочие формулы, сделать оценку погрешностей измерений).

Лабораторная работа № 2. Исследование дисперсии стеклянной призмы.

- Что такое дисперсия света? Физические причины дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия. Характер зависимости показателя преломления от длины волны в области нормальной и аномальной дисперсии.
- Дисперсия вещества. Линейная и угловая дисперсия призмы.
- Назначение и устройство гониометра.
- Методика лабораторной работы. Вывод рабочей формулы. Источники возможных погрешностей и их оценка.

Лабораторная работа № 3. Изучение спектрального прибора УМ-2. Определение красной границы фотоэффекта.

- Монохроматор, спектрометр, спектрограф; их принцип действия, устройство.
- Что такое спектр? Линейчатый, полосатый и непрерывный спектры.
- Понятие о внешнем и внутреннем фотоэффекте. Использование фотоэффекта в приборах.
- Законы фотоэффекта и их объяснение. Уравнение Эйнштейна.

Лабораторная работа № 4. Исследование спектров поглощения растворов.

- Физические причины поглощения света в веществе. Прозрачные окрашенные и неокрашенные вещества.
- Анализ закона Бугера.
- Методика лабораторной работы.

Лабораторная работа № 5. Измерение показателя преломления жидкостей с помощью рефрактометра.

- Явление полного внутреннего отражения (условия возникновения и физическое объяснение). Применение.

- Рассмотреть распространение преломленной и отраженной волны при полном внутреннем отражении.
- Показать, что при полном внутреннем отражении весь поток энергии отражается в первую среду.
- Устройство измерительной головки рефрактометра. Образование границы света и тени в приборе (ход лучей).
- Оптическая схема рефрактометра. Зачем нужна и как работает призма прямого зрения.

Лабораторная работа № 6. Изучения явления интерференции с помощью бипризмы Френеля.

- Интерференция волн. Условия интерференции (доказать необходимость неперпендикулярности и когерентности колебаний для наблюдения интерференции).
- Что такое разность хода, оптическая разность хода? Как и почему они влияют на интерференционную картину? Что такое ширина интерференционной полосы?
- Почему при увеличении размеров источника ухудшается видимость интерференционной картины?
- Интерференционная схема с бипризмой Френеля. Ход лучей. Методика лабораторной работы. Вывод рабочих формул.

Лабораторная работа № 7. Определение длины световой волны с помощью колец Ньютона.

- Полосы равной толщины, их локализация.
- Кольца Ньютона как пример полос равной толщины. Ход лучей, анализ рабочей формулы.
- Влияние немонахроматичности света на различимость интерференционной картины.

Лабораторная работа № 8. Дифракция Френеля на круглом отверстии.

- Понятие о явлении дифракции. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля и его использование для объяснения дифракции.
- Зоны Френеля. Вывод радиуса зоны Френеля для сферического волнового фронта.
- Дифракция Френеля от круглого отверстия. Графическое сложение амплитуд.
- Методика лабораторной работы. Оптическая схема. Анализ рабочих формул.

Лабораторная работа № 9. Изучение дифракции Фраунгофера на щели и тонкой нити.

- Дифракция Фраунгофера на щели.
- Дифракция Фраунгофера на тонкой нити.
- График распределения интенсивности света при дифракции на  $N$  щелях (для различных соотношений между  $a$  и  $b$ ).
- Методика работы.

Лабораторная работа № 10. Изучение дифракции Фраунгофера на отверстиях различной формы и решётках

- Дифракция Фраунгофера на щели (вывод выражения для распределения интенсивности).
- Вывод распределения интенсивности света при дифракции на  $N$  щелях и его анализ (положения главных и побочных максимумов и минимумов).
- График распределения интенсивности света при дифракции на  $N$  щелях (для различных соотношений между  $a$  и  $b$ ).
- Объяснить результаты дифракции на мелких круглых частицах.
- Влияние угла падения света на решетку.

#### Лабораторная работа № 11. Получение и анализ поляризованного света

- Вращение плоскости поляризации в кристаллах и аморфных веществах, его причины и объяснение. Удельное вращение. Зависимость удельного вращения от длины волны света. Какие особенности строения вещества приводят к вращению плоскости поляризации?
- Основные представления о двойном лучепреломлении, его физические причины.
- Правила (законы) Малюса, их объяснение. Устройство и назначение призмы Николя. Прохождение света через систему из двух призм Николя.
- Оптическая схема поляриметра. Принцип работы и устройство полутеневого анализатора. Что и почему будет наблюдаться, если убрать светофильтр.

#### Лабораторная работа № 12. Изучение тонкой структуры зелёной линии ртути с помощью интерферометра Фабри-Перо

- Интерференция света
- Устройство интерферометра Фабри-Перо
- Вывод рабочей формулы
- Методика работы

#### Лабораторная работа № 13. Дифракция лазерного излучения на различных преграда.

- Дифракция Фраунгофера на щели (вывод выражения для распределения интенсивности).
- График распределения интенсивности света при дифракции на  $N$  щелях (для различных соотношений между  $a$  и  $b$ ). Объяснить результаты дифракции на мелких круглых частицах

#### Критерии оценки- сдача лабораторных работ

«Зачтено»: лабораторная работа выполнена. К ней оформлен отчёт. При ответе на вопросы к лабораторной работе обучающийся даёт содержательные ответы, которые отличаются логической последовательностью, чёткостью и умением делать выводы. Обучающийся демонстрирует знания принципа действия и устройства оборудования, на котором выполнялась лабораторная работа.

«Незачтено»: лабораторная работа не выполнена, либо при выполнении работы не оформлен отчёт. В случае выполнения работы и готового отчёта работа не зачитывается, если обучающийся не способен рассказать о методике выполнения работы и принципе работы оборудования.

#### **Перечень вопросов к текущей аттестации (зачет):**

- Понятие волнового фронта. Понятие фазовой скорости.

- Понятие интенсивности света. Почему в оптике широко используется эта величина?
- Понятие поляризации света. Виды поляризации. При какой разности фаз и каком соотношении между амплитудами линейно поляризованных волн можно смоделировать свет с круговой поляризацией, эллиптически поляризованный свет, естественный свет.
- Получить формулы Френеля для случая нормального падения света на границу раздела двух диэлектриков.
- Как от формул Френеля перейти к расчету интенсивностей отраженной и преломленной волны? Как учесть поляризацию световой волны, падающей на границу раздела прозрачных диэлектриков при отражении и преломлении света? Зачем это нужно делать?
- Угол Брюстера. Частично поляризованный свет. Степень поляризации.
- Интерференция света. Признак интерференции. Показать, что для наблюдения интерференции необходимо обеспечить перпендикулярность и согласованность колебаний при наложении волн. Зачем нужно усреднение?
- Задача с двумя когерентными источниками. Распределение интенсивности в интерференционной картине. Условия интерференционных максимумов и минимумов. Видность интерференции. Ширина интерференционных полос.
- Дифракция света. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля.
- Дифракция Фраунгофера на щели. Получить распределение интенсивности в дифракционной картине.
- Дифракционная решётка как спектральный прибор. Критерий Рэлея. Разрешающая способность дифракционной решётки.
- Что такое дисперсия света? Что такое нормальная и что такое аномальная дисперсия? Когда какая наблюдается? Физический смысл комплексного показателя преломления.
- Двойное лучепреломление. Когда оно наблюдается? Понятие оптической оси кристалла. Плоскость главного сечения кристалла. Поляризация обыкновенного и необыкновенного луча. Положительные и отрицательные кристаллы.
- Вывести закон Малюса.
- Устройство и принцип действия поляризаторов. Принцип действия поляроидных плёнок.

#### Критерии оценки обучающихся на текущей аттестации (зачёт)

«Зачтено»: сдано не менее 90% лабораторных работ по курсу. Оформлены отчёты по работам. При ответе на вопросы к лабораторной работе обучающийся даёт содержательные ответы, которые отличаются логической последовательностью, чёткостью и умением делать выводы. Обучающийся демонстрирует знания принципа действия и устройства оборудования, на котором выполнялась лабораторная работа.

«Незачтено»: сдано менее 90% лабораторных работ по курсу. В случае выполнения работы и готового отчёта работа не зачитывается, если обучающийся не способен рассказать о методике выполнения работы и принципе работы оборудования.

## Список вопросов для контрольно-измерительных материалов

### к промежуточной аттестации (экзамен)

1. Предмет и задачи оптики.
2. Дифракция Фраунгофера. Предел разрешающей способности оптических приборов.
3. Уравнение плоской монохроматической волны.
4. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля
5. Условия на границе раздела прозрачных сред. Коэффициенты пропускания и отражения.
6. Дифракция Френеля на отверстиях, щели. Зоны Френеля и спираль Корню.
7. Постулаты геометрической оптики. Принцип Ферма.
8. Дифракционная решётка.
9. Диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, кривая относительной спектральной чувствительности глаза.
10. Поляризация света.
11. Фотометрические величины.
12. Формулы Френеля. Угол Брюстера.
13. Преломление на сферической поверхности. Тонкая линза.
14. Двойное лучепреломление.
15. Центрированные оптические системы.
16. Искусственное двойное лучепреломление.
17. Сложение центрированных систем. Толстая линза.
18. Оптическая активность.
19. Погрешности оптических систем и методы их устранения.
20. Дисперсия света. Классическая теория дисперсии.
21. Оптические инструменты.
22. Поглощение и рассеяние света.
23. Светосила объектива.
24. Излучение света. Виды излучения, их особенности.
25. Интерференция, условия её наблюдения. Когерентность.
26. Тепловое излучение. Формула Планка.
27. Опыт Юнга. Длина и ширина когерентности.
28. Вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
29. Классические интерференционные схемы.
30. Оптические квантовые генераторы.
31. Интерференция в тонких плёнках.
32. Нелинейная оптика.
33. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо.



**Пример контрольно-измерительных материалов**  
**к промежуточной аттестации (экзамен)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей физики

\_\_\_\_\_ (Турищев С.Ю.)

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Дисциплина Колебания и волны, оптика

Вид контроля экзамен

Форма обучения очная

Вид аттестации промежуточная

**Контрольно-измерительный материал №**

1. Предмет и задачи оптики.
2. Дифракция Фраунгофера. Предел разрешающей способности оптических приборов.

Составитель \_\_\_\_\_ Меремьянин А.В.

*подпись*

*расшифровка подписи*

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Критерии оценки (экзамен по теоретическому курсу «Механика»):

Оценка *«отлично»*: уровень сформированности компетенций – высокий (углубленный). Полное соответствие ответа студента на предлагаемый вопрос четырем вышеуказанным показателям и осваиваемым компетенциям. Компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень.

Оценка *«хорошо»*: уровень сформированности компетенций – повышенный (продвинутый). Ответ студента выявляет недостаточное владение необходимыми теоретическими и практическими навыками. Компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме, что выражается в отдельных неточностях (несущественных ошибках) при ответе. Ответ отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой, чем при высоком (углубленном) уровне сформированности компетенций. Однако допущенные ошибки исправляются самим студентом после дополнительных вопросов преподавателя.

Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень.

Оценка *«удовлетворительно»*: ответ студента отличается непоследовательностью, неумением делать выводы, слабым освоением теоретических и практических навыков. Компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично, что выражается в допускаемых неточностях и существенных ошибках при ответе, нарушении логики изложения, неумении аргументировать и обосновывать суждения и профессиональную позицию. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу.

Оценка *«неудовлетворительно»*: компетенции не сформированы, что выражается в разрозненных, бессистемных, отрывочных знаниях, допускаемых грубых профессиональных ошибках, неумении выделять главное и второстепенное, связывать теорию с практикой, устанавливать межпредметные связи, формулировать выводы по ответу, отсутствии собственной профессиональной позиции.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Механика» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

## Фонд оценочных средств сформированности компетенций

Код и наименование компетенции:  
ОПК-1.4

Решает типовые задачи с учетом основных понятий и общих закономерностей, сформулированных в рамках базовых дисциплин естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)

Период окончания формирования компетенции: 4 семестр

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

Дисциплины (модули) (блок 1):

Б1.О.21 Оптика (4 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 100 нм?

**Ответ: а)** ультрафиолетовому, б) видимому, в) инфракрасному.

2. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 1 мкм?

**Ответ: а)** ультрафиолетовому, б) видимому, **в)** инфракрасному.

3. Запишите выражение для вектора напряжённости электрического поля в плоской монохроматической волне.

**Ответ:**  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$ .

4. Какая величина измеряется в канделах?

**Ответ: а)** сила света, б) освещённость, в) яркость.

5. Запишите формулу тонкой линзы в воздухе.

**Ответ:**  $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \Phi$ , где  $\Phi$  – оптическая сила линзы,  $s$  и  $s'$  – расстояния от объекта до линзы и от линзы до изображения, соответственно.

6. Перечислите известные вам виды погрешностей оптических систем.

**Ответ:** сферическая аберрация, кома, астигматизм, дисторсия, хроматическая аберрация.

7. Каким является изображение в кеплеровой трубе?

**Ответ: а)** перевёрнутым, б) прямым, в) такого оптического инструмента не существует.

8. В некоторой области пространства накладываются две когерентные световые волны интенсивностями  $I$  и  $4I$ . Чему будет равна интенсивность в максимуме освещённости?

**Ответ: 9I.**

9. Какого типа интерференция происходит в интерферометре Фабри-Перо?

*Ответ:* а) многолучевая, б) двухлучевая, в) однолучевая.

10. Изображение, полученное с помощью галилеевой трубы получается:

*Ответ:* а) перевёрнутым; б) прямым.

11. В каком случае спираль Корню позволяет определить интенсивность света?

*Ответ:* а) при дифракции Френеля на щели, б) при дифракции Френеля на круглом отверстии, в) при дифракции Фраунгофера на щели, г) при дифракции Фраунгофера на круглом отверстии

12. При нормальном падении света на амплитудную дифракционную решётку в центре дифракционной картины наблюдается

*Ответ:* а) максимум для всех длин волн, б) минимум для всех длин волн, в) максимум для волн с наименьшей длиной.

13. Чем различается плоскополяризованный и линейно поляризованный свет.

*Ответ:* а) ничем, б) направлением колебаний вектора **E**, в) направлением колебаний вектора **H**.

14. При наблюдении колец Ньютона в белом свете число видимых колец при установке зелёного светофильтра:

*Ответ:* а) уменьшается; б) увеличивается; в) не изменяется.

15. Полное внутреннее отражение наблюдается при падении света:

*Ответ:* а) из оптически менее плотной среды в более плотную; б) из оптически более плотной среды в менее плотную; в) из воздуха в стекло.

## 2) расчетные задачи:

1. Электромагнитная волна частоты  $\nu = 3,0$  МГц переходит из вакуума в диэлектрик проницаемости  $\epsilon = 4,0$ . Найти приращение её длины волны.

*Ответ:*  $\Delta\lambda = (1/\sqrt{\epsilon} - 1) c/\nu = -50$  м.

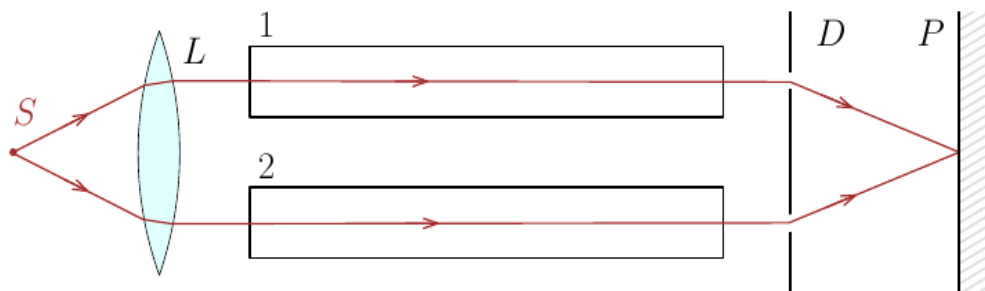
2. Радиолокатор работает на длине волны  $\lambda = 50,0$  см. Найти скорость приближающегося самолёта, если частота биений между сигналами передатчика и отражёнными от самолёта в месте расположения локатора  $\Delta\nu = 1,00$  кГц.

*Ответ:*  $v = \lambda\Delta\nu/2 = 900$  км/ч.

3. Перед выпуклой поверхностью стеклянной выпукло-плоской линзы толщины  $d = 9,0$  см находится предмет. Его изображение образуется на плоской поверхности линзы, которая служит экраном. Определить поперечное увеличение, если радиус кривизны выпуклой поверхности линзы  $R = 2,5$  см.

*Ответ:*  $\beta = 1 - d(n-1)/nR = -0,20$ .

4. На рисунке показана схема интерферометра для измерения показателей преломления прозрачных веществ. На схеме  $S$  – узкая щель, освещаемая монохроматическим светом  $\lambda = 589$  нм, 1 и 2 – две одинаковые трубки с воздухом, длина каждой из которых  $l = 10,0$  см,  $D$  – диафрагма с двумя щелями. Когда воздух в трубке 1 заменили аммиаком, то интерференционная картина на экране  $P$  сместилась вверх на  $N = 17$  полос. Показатель преломления воздуха  $n = 1,000277$ . Определить показатель преломления аммиака.



### Решение

Запишем условие максимума интенсивности при интерференции двух волн:  $(2\pi/\lambda) \cdot l(n_1 - n_2) = 2\pi m$ , где  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ . Если показатель преломления в верхней трубке больше, то центр интерференционной картины смещается вверх, поскольку фазовая скорость волны в нижней трубке больше, и ей нужно пройти путь больше, чем волне в верхней трубке. Таким образом,  $m = N = 17$ . Отсюда находим  $n_1$ :

$$n_1 = n_2 + N \lambda / l.$$

Ответ:  $n_1 = n_2 + N \lambda / l = 1,000377$ .

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  $m = 3$ .

Ответ:  $b = ar^2 / (m\lambda a - r^2) = 2,0$  мм.

6. При каком значении угла падения  $\theta$  луч, отраженный от поверхности воды, будет перпендикулярен преломленному лучу?

Ответ:  $\theta_1 = \arctg n = 53^\circ$ .

7. Определить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой стеклянной линзы в жидкости с показателем преломления  $n_0 = 1,7$ , если ее оптическая сила в воздухе  $\Phi_0 = -5,0$  дптр.

Ответ:  $\Phi = \Phi_0(n - n_0) / (n - 1) = 2,0$  дптр,  $f' - f = n_0 / \Phi = 85$  см, где  $n$  и  $n_0$  — показатели преломления стекла и воды.

8. Вычислить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой симметричной двояковогнутой стеклянной линзы, с одной стороны которой находится воздух, а с другой — вода, если оптическая сила этой линзы в воздухе  $\Phi_0 = +10$  дптр.  
*Ответ:*  $\Phi = \Phi_0(2n - n_0 - 1)/2(n - 1) = 6,7$  дптр,  $f = 1/\Phi = 15$  см,  $f' = n_0/\Phi = 20$  см, где  $n$  и  $n_0$  — показатели преломления стекла и воды.
9. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной выпукло-вогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 17 см.  
*Ответ:* +2 дптр.
10. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной двояковогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 25 см.  
*Ответ:* -7 дптр.
11. На каком расстоянии от тонкой линзы с оптической силой +12 дптр образуется изображение предмета, находящегося на расстоянии 23 см от линзы?  
*Ответ:* 13 см.
12. Предмет находится на расстоянии 10 см от тонкой линзы с оптической силой +5 дптр. Определить коэффициент линейного увеличения.  
*Ответ:*  $\beta = -2$ .
13. Определить оптическую силу центрированной системы из двух тонких линз, расстояние между которыми равно 10 см. Оптические силы линз равны +5 и +8 дптр.  
*Ответ:*  $\Phi = +9$  дптр.
14. В центре сферической поверхности находится точечный изотропный источник, сила света которого  $I = 4$  кд. Найти световой поток, падающий на внутреннюю поверхность сферы.  
*Ответ:*  $\Phi = 4\pi I = 50$  Лм.
15. Над центром стола на высоте  $h = 2,5$  м подвешен точечный изотропный источник света силой  $I = 10$  кд. Чему равна освещённость в центре стола?  
*Ответ:*  $E = I/h^2 = 1,6$  лк.

**Код и наименование компетенции:**

**ОПК-1.5**

**Умеет использовать знания основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности**

**Период окончания формирования компетенции: 4 семестр**

**Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:**

Дисциплины (модули) (блок 1):

Б1.О.21 Оптика (4 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. Чем отличаются люминесценция и тепловое излучение?

*Ответ:* спектром.

2. Как зависит от длины волны сечение рассеяния света на частицах размером много меньше длины волны?

*Ответ:*  $\sigma \sim \lambda^{-4}$ .

3. Как зависит от температуры энергия  $E$ , излучаемая в равновесных условиях абсолютно чёрным телом? (Закон Стефана-Больцмана).

4. *Ответ:* а)  $E \sim T^2$ , б)  $E \sim T^3$ , **в)  $E \sim T^4$ .**

5. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 100 нм?

*Ответ:* **а)** ультрафиолетовому, б) видимому, в) инфракрасному.

6. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 1 мкм?

*Ответ:* а) ультрафиолетовому, б) видимому, **в) инфракрасному.**

7. Запишите выражение для вектора напряжённости электрического поля в плоской монохроматической волне.

*Ответ:*  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$ .

8. Какая величина измеряется в канделах?

*Ответ:* **а)** сила света, б) освещённость, в) яркость.

9. Запишите формулу тонкой линзы в воздухе.

*Ответ:*  $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \Phi$ , где  $\Phi$  – оптическая сила линзы,  $s$  и  $s'$  – расстояния от объекта до линзы и от линзы до изображения, соответственно.

10. Перечислите известные вам виды погрешностей оптических систем.

*Ответ:* сферическая абберация, кома, астигматизм, дисторсия, хроматическая абберация.

11. Каким является изображение в кеплеровой трубе?

*Ответ:* а) перевёрнутым, б) прямым, в) такого оптического инструмента не существует.

12. В некоторой области пространства накладываются две когерентные световые волны интенсивностями  $I$  и  $4I$ . Чему будет равна интенсивность в максимуме освещённости?

*Ответ:*  $9I$ .

13. Какого типа интерференция происходит в интерферометре Фабри-Перо?

*Ответ:* а) многолучевая, б) двухлучевая, в) однолучевая.

14. Изображение, полученное с помощью Галилеевой трубы получается:

*Ответ:* а) перевёрнутым; б) прямым.

15. При падении света под углом Брюстера отражённый свет:

*Ответ:* а) полностью поляризован в плоскости падения; б) полностью поляризован перпендикулярно плоскости падения; в) полностью неполяризован.

## 2) расчетные задачи:

1. Свет интенсивности  $I_0$  падает нормально на идеально прозрачную пластинку. Считая, что коэффициент отражения каждой поверхности её  $\rho = 0,05$ , найти интенсивность  $I$  прошедшего через пластинку света с учётом только однократных отражений.

*Ответ:*  $I = 0,9 I_0$ .

2. Определить среднюю освещённость облучаемой части непрозрачной сферы, если на неё падает параллельный световой поток, создающий в точке нормального падения

освещённость

$E_0$ .

*Ответ:*  $\langle E \rangle = \frac{\Phi}{2\pi R^2} = \frac{E_0}{2}$ .

3. Сосуд с ртутью равномерно вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$ . Поверхность ртути принимает вогнутую форму и используется как зеркало. Определить фокусное расстояние этого зеркала.

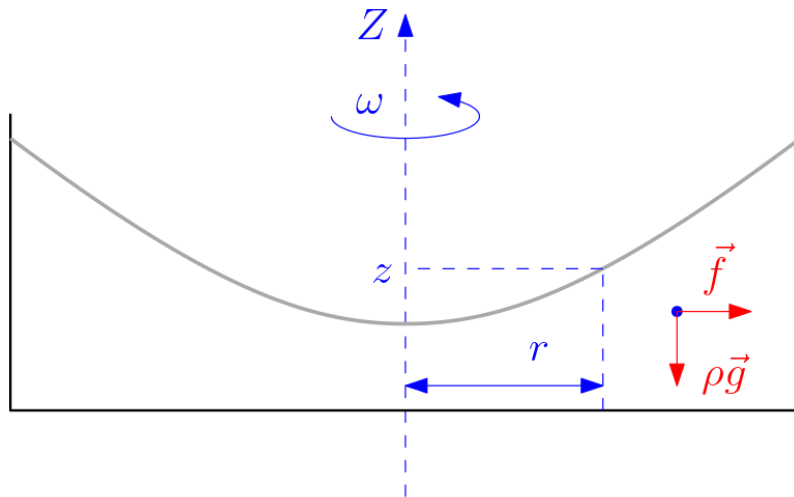
### **Решение**

Составим схему сил, действующих на некоторый объём ртути:



В системе отсчёта, вращающейся вместе с сосудом, на единицу объёма жидкости действует дополнительная сила инерции, направленная от оси вращения (т. е., центробежная сила), равная  $f = \rho\omega^2 r$ . При равновесии векторная сумма сил, действующих на каждый элементарный объём, равна нулю:

$$\text{grad}p + \rho g + \rho\omega^2 r r_0 = 0,$$



где  $r_0$  — единичный вектор, направленный от оси вращения и  $\text{grad}p$  — сила гидростатического давления. (Мы не учитываем атмосферное давление, которое одинаково действует на все точки жидкости). Проецируя векторное равенство на горизонтальную и вертикальную оси, получаем:

$$dp/dr = \rho\omega^2 r,$$

$$dp/dz = -\rho g.$$

Общее решение написанной системы уравнений имеет вид

$$p(r, z) = \rho\omega^2 r^2/2 - \rho g z + p_0,$$

где  $p_0$  — постоянная интегрирования. На свободной поверхности жидкости давление равно нулю, т. к., атмосферное давление не учитывалось, откуда получаем уравнение свободной поверхности ртути:

$$z(r) = z_0 + (\omega^2/2g)r^2,$$

где  $z_0$  — глубина ртути на оси вращения. Чтобы определить радиус кривизны в центре поверхности, заметим, что уравнение окружности радиуса  $R$  с центром в точке на оси  $Z$  с координатой  $z_c = R + z_0$  можно записать в виде

$$(z - z_0 - R)^2 + r^2 = R^2. \text{ Раскроем квадрат: } (z - z_0)^2 - 2R(z - z_0) + R^2 + r^2 = R^2.$$

Вблизи точки  $z_0$  первым слагаемым можно пренебречь, откуда получаем

$$z = z_0 + r^2/(2R). \text{ Сравнивая эту формулу с выражением для } z(r), \text{ находим радиус}$$

кривизны:  $R = r/\omega^2$ . Фокусное расстояние равно половине радиуса кривизны зеркала, т. е.,  $f = R/2 = r/(2\omega^2)$ .

*Ответ:*  $f = g/2\omega^2 = 490$  см.

4. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной двояковогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 25 см.

*Ответ:* -7 дптр.

5. На каком расстоянии от тонкой линзы с оптической силой +12 дптр образуется изображение предмета, находящегося на расстоянии 23 см от линзы?

*Ответ:* 13 см.

6. Предмет находится на расстоянии 10 см от тонкой линзы с оптической силой +5 дптр. Определить коэффициент линейного увеличения.

*Ответ:*  $\beta = -2$ .

7. Определить оптическую силу центрированной системы из двух тонких линз, расстояние между которыми равно 10 см. Оптические силы линз равны +5 и +8 дптр.

*Ответ:*  $\Phi = +9$  дптр.

8. В центре сферической поверхности находится точечный изотропный источник, сила света которого  $I = 4$  кд. Найти световой поток, падающий на внутреннюю поверхность сферы.

*Ответ:*  $\Phi = 4\pi I = 50$  Лм.

9. Над центром стола на высоте  $h = 2,5$  м подвешен точечный изотропный источник света силой  $I = 10$  кд. Чему равна освещённость в центре стола?

*Ответ:*  $E = I/h^2 = 1,6$  лк.

10. В некоторой точке пространства наблюдают наложение двух когерентных световых волн одинаковой поляризации. Найти интенсивность света, если интенсивность каждой волны равна  $I_0$ , а разность фаз между ними равна  $\pi/4$ .

*Ответ:*  $I = \sqrt{2}I_0$ .

11. На диафрагму с круглым отверстием радиуса 0,8 мм падает параллельный пучок света с длиной волны 640 нм. На каком минимальном расстоянии от диафрагмы следует поместить экран, на котором в центре дифракционной картины будет наблюдаться минимум освещённости?

*Ответ:* 0,5 м.

12. Пучок света падает нормально на пластинку толщиной 4 мм. Определить коэффициент поглощения материала пластинки, если она пропускает 88% падающего света. Отражениями пренебречь.

*Ответ:*  $k = 32$  м<sup>-1</sup>.

13. На экран с круглым отверстием нормально падает монохроматическая световая волна интенсивности  $I$ . Чему будет равна интенсивность света в центре дифракционной картины, наблюдающейся на экране, отстоящем на расстоянии, соответствующем одной открытой зоне Френеля?

*Ответ:*  $4I$ .

14. В месте контакта стеклянной пластинки и плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны 15 мм наблюдают кольца Ньютона. Найти длину волны света, если радиус третьего светлого кольца равен 0,1 мм.

*Ответ:* 450 нм.

15. При прохождении пучка света интенсивности  $I_0$  через поляризатор минимум интенсивности прошедшего света равен  $0,5 I_0$ . При повороте плоскости пропускания поляризатора на некоторый угол наблюдается максимум интенсивности прошедшего света, равный  $0,75 I_0$ . Найти степень поляризации падающего света.

*Ответ:*  $P=0,2$ .

Код и наименование компетенции:

ОПК-1.6

Владеет навыками использования знаний о методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук при решении практических задач, структурирования естественно-научной информации

Период окончания формирования компетенции: 4 семестр

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

Дисциплины (модули) (блок 1):

Б1.О.21 Оптика (4 семестр)

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. Поляризация плоской световой волны

*Ответ:* **а)** может быть любой, б) всегда плоская, в) всегда линейная.

2. Для чего используют пластинки в четверть волны?

*Ответ:* **а)** для преобразования линейной поляризации света в круговую, б) для поворота плоскости поляризации, в) для получения линейно поляризованного света.

3. При распространении света в оптически активной среде

*Ответ:* **а)** поворачивается плоскость поляризации света, б) наблюдается поляризация света, в) наблюдается дисперсия света.

4. В области частот, соответствующей нормальной дисперсии, показатель преломления

*Ответ:* **а)** растёт с увеличением частоты света, б) уменьшается с увеличением частоты света, в) не зависит от частоты.

5. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 100 нм?

*Ответ:* **а)** ультрафиолетовому, б) видимому, в) инфракрасному.

6. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 1 мкм?

*Ответ:* **а)** ультрафиолетовому, б) видимому, **в)** инфракрасному.

7. Запишите выражение для вектора напряжённости электрического поля в плоской монохроматической волне.

*Ответ:*  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$ .

8. Какая величина измеряется в канделах?

*Ответ:* **а)** сила света, б) освещённость, в) яркость.

9. Запишите формулу тонкой линзы в воздухе.

*Ответ:*  $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \Phi$ , где  $\Phi$  – оптическая сила линзы,  $s$  и  $s'$  – расстояния от объекта до линзы и от линзы до изображения, соответственно.

10. Перечислите известные вам виды погрешностей оптических систем.

*Ответ:* сферическая aberrация, кома, астигматизм, дисторсия, хроматическая aberrация.

11. Каким является изображение в кеплеровой трубе?

*Ответ:* а) перевёрнутым, б) прямым, в) такого оптического инструмента не существует.

12. В некоторой области пространства накладываются две когерентные световые волны интенсивностями  $I$  и  $4I$ . Чему будет равна интенсивность в максимуме освещённости?

*Ответ:*  $9I$ .

13. Какого типа интерференция происходит в интерферометре Фабри-Перо?

*Ответ:* а) многолучевая, б) двухлучевая, в) однолучевая.

14. Изображение, полученное с помощью галилеевой трубы получается:

*Ответ:* а) перевёрнутым; б) прямым.

15. Рэлеевское рассеяние света происходит при рассеянии света на частицах, размеры которых:

*Ответ:* а) много больше длины волны света; б) того же порядка, что и длина волны; в) много меньше длины волны.

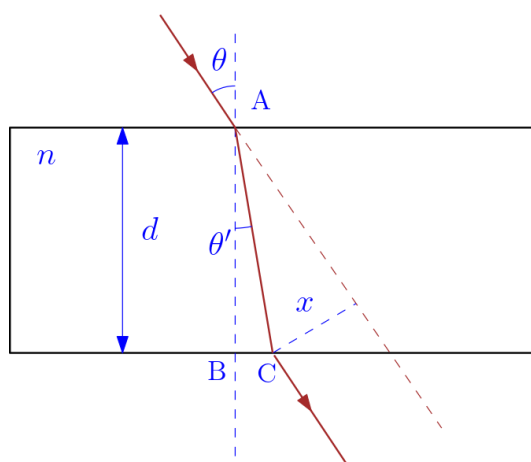
2) расчетные задачи:

1. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину толщины  $d = 6,0$  см. Угол падения  $\theta = 60^\circ$ . Найти смещение луча, прошедшего через эту пластину.

### Решение

Составим

схему:



Запишем

закон

преломления

(закон

Снелла):

$$\sin\theta = n\sin\theta',$$

Из схемы видно, что величину смещения можно определить по формуле  $x = AC\sin(\theta - \theta') = AC(\sin\theta \cos\theta' - \cos\theta \sin\theta')$ . AC найдём по формуле  $AC = d/\cos\theta'$ . Преобразуем  $x$  с учётом закона Снелла:

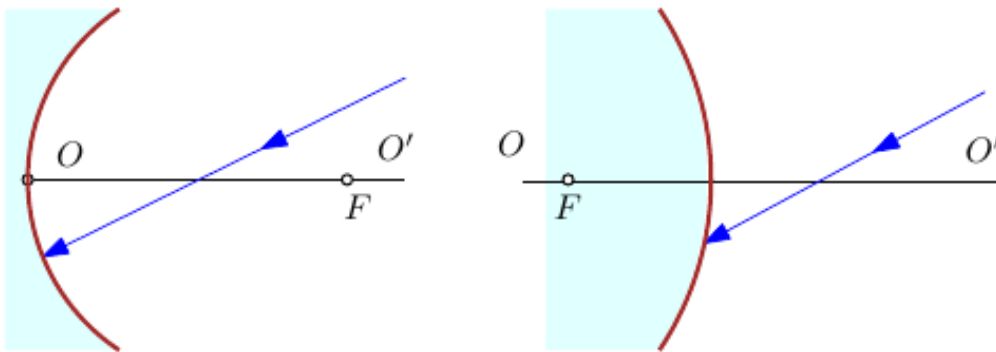
$$x = d(\sin\theta - \cos\theta(1/n)\sin\theta/\cos\theta') = d\sin\theta (1 - (1/n)\cos\theta/\cos\theta').$$

Косинус угла преломления выразим из закона Снелла:  $\cos\theta' = \sqrt{1 - \sin^2\theta'} = (1/n)\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}$ . Подставляя всё в формулу для  $x$ , получаем

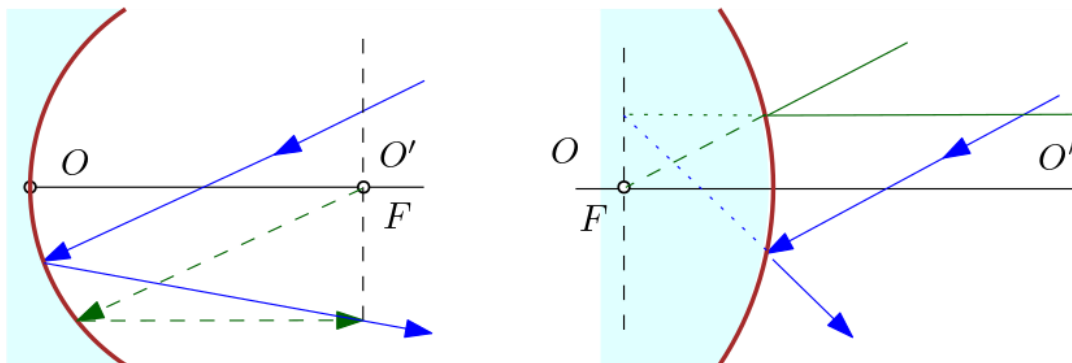
$$x = d\sin\theta (1 - \cos\theta / \sqrt{n^2 - \sin^2\theta}).$$

**Ответ:**  $x = (1 - \cos\theta / \sqrt{n^2 - \sin^2\theta})d\sin\theta = 3,1$  см.

2. Найти построением ход луча после отражения в вогнутом и выпуклом сферических зеркалах, см. рисунок (где  $F$  – фокус,  $OO'$  – оптическая ось).



**Ответ:**



3. 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  $m = 3$ .

**Ответ:**  $b = ar^2 / (m\lambda a - r^2) = 2,0$  мм.

4. При каком значении угла падения  $\theta$  луч, отраженный от поверхности воды, будет перпендикулярен преломлённому лучу?

**Ответ:**  $\theta_1 = \arctg n = 53^\circ$ .

5. Определить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой стеклянной линзы в жидкости с показателем преломления  $n_0 = 1,7$ , если ее оптическая сила в воздухе  $\Phi_0 = -5,0$  дптр.  
*Ответ:*  $\Phi = \Phi_0(n - n_0)/(n - 1) = 2,0$  дптр,  $f' - f = n_0/\Phi = 85$  см, где  $n$  и  $n_0$  — показатели преломления стекла и воды.
6. Вычислить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой симметричной двояково-выпуклой стеклянной линзы, с одной стороны которой находится воздух, а с другой — вода, если оптическая сила этой линзы в воздухе  $\Phi_0 = +10$  дптр.  
*Ответ:*  $\Phi = \Phi_0(2n - n_0 - 1)/2(n - 1) = 6,7$  дптр,  $f = 1/\Phi = 15$  см,  $f' = n_0/\Phi = 20$  см, где  $n$  и  $n_0$  — показатели преломления стекла и воды.
7. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной выпукло-вогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 17 см.  
*Ответ:* +2 дптр.
8. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной двояковогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 25 см.  
*Ответ:* -7 дптр.
9. На каком расстоянии от тонкой линзы с оптической силой +12 дптр образуется изображение предмета, находящегося на расстоянии 23 см от линзы?  
*Ответ:* 13 см.
10. Предмет находится на расстоянии 10 см от тонкой линзы с оптической силой +5 дптр. Определить коэффициент линейного увеличения.  
*Ответ:*  $\beta = -2$ .
11. Определить оптическую силу центрированной системы из двух тонких линз, расстояние между которыми равно 10 см. Оптические силы линз равны +5 и +8 дптр.  
*Ответ:*  $\Phi = +9$  дптр.
12. В центре сферической поверхности находится точечный изотропный источник, сила света которого  $I = 4$  кд. Найти световой поток, падающий на внутреннюю поверхность сферы.  
*Ответ:*  $\Phi = 4\pi I = 50$  Лм.
13. Над центром стола на высоте  $h = 2,5$  м подвешен точечный изотропный источник света силой  $I = 10$  кд. Чему равна освещённость в центре стола?  
*Ответ:*  $E = I/h^2 = 1,6$  лк.
14. В некоторой точке пространства наблюдают наложение двух когерентных световых волн одинаковой поляризации. Найти интенсивность света, если интенсивность каждой волны равна  $I_0$ , а разность фаз между ними равна  $\pi/4$ .

*Ответ:*  $I = \sqrt{2}I_0$ .

15. На диафрагму с круглым отверстием радиуса 0,8 мм падает параллельный пучок света с длиной волны 640 нм. На каком минимальном расстоянии от диафрагмы следует поместить экран, на котором в центре дифракционной картины будет наблюдаться минимум освещённости?

*Ответ:* 0,5 м.



**Код и наименование компетенции:**

**ОПК-2.1**

**Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений**

**Период окончания формирования компетенции: 4 семестр**

**Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:**

Дисциплины (модули) (блок 1):

Б1.О.21 Оптика (4 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. Чем определяется предел разрешающей способности оптических инструментов?  
**Ответ: а)** дифракцией, б) сферической аберрацией, в) чувствительностью фотоприёмника.

2. Красная граница фотоэффекта это  
**Ответ: а)** минимальная частота света, ниже которой фотоэффект не происходит, б) минимальная длина волны света, меньше которой фотоэффект не происходит, в) максимальная частота света, больше которой фотоэффект не происходит.

3. К какому типу относятся современные крупные телескопы?  
**Ответ: а)** к рефлекторам, б) к рефракторам.

4. В чём состоит эффект Фарадея?  
**Ответ: а)** во вращении плоскости поляризации в постоянном магнитном поле, б) в двойном лучепреломлении в постоянном электрическом поле, в) в электромагнитной индукции.

5. В чём состоит эффект Керра?  
**Ответ: а)** во вращении плоскости поляризации в магнитном поле, б) в двойном лучепреломлении в постоянном электрическом поле, в) в электромагнитной индукции.

6. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 100 нм?  
**Ответ: а)** ультрафиолетовому, б) видимому, в) инфракрасному.

7. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 1 мкм?  
**Ответ: а)** ультрафиолетовому, б) видимому, в) инфракрасному.

8. Запишите выражение для вектора напряжённости электрического поля в плоской монохроматической волне.

**Ответ:**  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$ .

9. Какая величина измеряется в канделах?

**Ответ: а)** сила света, б) освещённость, в) яркость.

10. Запишите формулу тонкой линзы в воздухе.

*Ответ:*  $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \Phi$ , где  $\Phi$  – оптическая сила линзы,  $s$  и  $s'$  – расстояния от объекта до линзы и от линзы до изображения, соответственно.

11. Перечислите известные вам виды погрешностей оптических систем.

*Ответ:* сферическая aberrация, кома, астигматизм, дисторсия, хроматическая aberrация.

12. Каким является изображение в кеплеровой трубе?

*Ответ:* а) перевёрнутым, б) прямым, в) такого оптического инструмента не существует.

13. В некоторой области пространства накладываются две когерентные световые волны интенсивностями  $I$  и  $4I$ . Чему будет равна интенсивность в максимуме освещённости?

*Ответ:*  $9I$ .

14. Какого типа интерференция происходит в интерферометре Фабри-Перо?

*Ответ:* а) многолучевая, б) двухлучевая, в) однолучевая.

15. Для чего используются дифракционные решётки?

*Ответ:* а) для определения интенсивности света; б) для определения длин волн света; в) для определения поляризации света.

## 2) расчетные задачи:

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

### **Решение**

Максимум освещённости в центре дифракционной картины наблюдается когда расстояние до диафрагмы соответствует нечётному числу открытых зон Френеля. Радиус  $m$ -той зоны Френеля определяется формулой:

$$r_m = \sqrt{\frac{m\lambda ab}{a+b}}.$$

Пусть при радиусе отверстия  $r_1$  число открытых зон Френеля равно  $m$ , тогда при радиусе  $r_2$  число открытых зон равно  $m+2$  (это ближайшее к  $m$  нечётное число). В обоих случаях расстояния  $a$  и  $b$  неизменны. Запишем формулы для квадратов радиусов отверстий:

$$r_1^2 = \frac{m\lambda b}{a+b}, r_2^2 = \frac{(m+2)\lambda b}{a+b}.$$

Вычтем одно из другого:

$$r_2^2 - r_1^2 = \frac{2\lambda b}{a+b}.$$

Остаётся выразить отсюда  $\lambda$ .

$$\text{Ответ: } \lambda = (r_2^2 - r_1^2)(a+b)/(2ab) = 0,60 \text{ мкм.}$$

2. 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  $m = 3$ .

$$\text{Ответ: } b = ar^2/(m\lambda a - r^2) = 2,0 \text{ мм.}$$

3. При каком значении угла падения  $\theta$  луч, отраженный от поверхности воды, будет перпендикулярен преломлённому лучу?

$$\text{Ответ: } \theta_1 = \arctg n = 53^\circ.$$

4. Определить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой стеклянной линзы в жидкости с показателем преломления  $n_0 = 1,7$ , если ее оптическая сила в воздухе  $\Phi_0 = -5,0$  дптр.

$$\text{Ответ: } \Phi = \Phi_0(n - n_0)/(n - 1) = 2,0 \text{ дптр, } f' - f = n_0/\Phi = 85 \text{ см, где } n \text{ и } n_0 \text{ — показатели преломления стекла и воды.}$$

5. Вычислить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой симметричной двояковыпуклой стеклянной линзы, с одной стороны которой находится воздух, а с другой — вода, если оптическая сила этой линзы в воздухе  $\Phi_0 = +10$  дптр.

$$\text{Ответ: } \Phi = \Phi_0(2n - n_0 - 1)/2(n - 1) = 6,7 \text{ дптр, } f = 1/\Phi = 15 \text{ см, } f' = n_0/\Phi = 20 \text{ см, где } n \text{ и } n_0 \text{ — показатели преломления стекла и воды.}$$

6. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной выпукло-вогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 17 см.

$$\text{Ответ: } +2 \text{ дптр.}$$

7. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной двояковогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 25 см.

$$\text{Ответ: } -7 \text{ дптр.}$$

8. На каком расстоянии от тонкой линзы с оптической силой  $+12$  дптр образуется изображение предмета, находящегося на расстоянии 23 см от линзы?

$$\text{Ответ: } 13 \text{ см.}$$

9. Предмет находится на расстоянии 10 см от тонкой линзы с оптической силой  $+5$  дптр. Определить коэффициент линейного увеличения.

*Ответ:*  $\beta = -2$ .

10. Определить оптическую силу центрированной системы из двух тонких линз, расстояние между которыми равно 10 см. Оптические силы линз равны +5 и +8 дптр.

*Ответ:*  $\Phi = +9$  дптр.

11. В центре сферической поверхности находится точечный изотропный источник, сила света которого  $I = 4$  кд. Найти световой поток, падающий на внутреннюю поверхность сферы.

*Ответ:*  $\Phi = 4\pi I = 50$  Лм.

12. Над центром стола на высоте  $h = 2,5$  м подвешен точечный изотропный источник света силой  $I = 10$  кд. Чему равна освещённость в центре стола?

*Ответ:*  $E = I/h^2 = 1,6$  лк.

13. В месте контакта стеклянной пластинки и плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны 15 мм наблюдают кольца Ньютона. Найти длину волны света, если радиус третьего светлого кольца равен 0,1 мм.

*Ответ:* 450 нм.

14. Найти зависимость между групповой и фазовой скоростями следующего закона дисперсии:  $v \sim 1/\sqrt{\lambda}$ , где  $\lambda$ ,  $k$  и  $\nu$  — длина волны, волновое число и частота.

*Ответ:*  $u = 3v/2$ .

15. Энергетическая светимость абсолютно чёрного тела  $M_r = 3,0$  Вт/см<sup>2</sup>. Определить длину волны, отвечающую максимуму испускательной способности этого тела.

*Ответ:*  $\lambda_m = 3,4$  мкм.

**Код и наименование компетенции:**

**ОПК-2.2**

**Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов**

**Период окончания формирования компетенции: 4 семестр**

**Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:**

Дисциплины (модули) (блок 1):

Б1.О.21 Оптика (4 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. Укажите единицу измерения светового потока в СИ.

*Ответ:* **а)** люмен, б) люкс, в) кандела.

2. Укажите единицу измерения освещённости в СИ.

*Ответ:* а) люмен, **б)** люкс, в) кандела.

3. Укажите единицу измерения оптической силы.

*Ответ:* **а)** диоптрия, б) кандела, в) Ньютон, г) люмен.

4. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 100 нм?

*Ответ:* **а)** ультрафиолетовому, б) видимому, в) инфракрасному.

5. К какому диапазону относится излучение с длиной волны 1 мкм?

*Ответ:* а) ультрафиолетовому, б) видимому, **в)** инфракрасному.

6. Запишите выражение для вектора напряжённости электрического поля в плоской монохроматической волне.

*Ответ:*  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$ .

7. Какая величина измеряется в канделах?

*Ответ:* **а)** сила света, б) освещённость, в) яркость.

8. Запишите формулу оптической силы тонкой линзы в воздухе.

*Ответ:*  $\Phi = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$ , где  $\Phi$  – оптическая сила линзы,  $R_1$  и  $R_2$  — радиусы кривизны передней и задней поверхностей линзы.

9. Перечислите известные вам виды погрешностей оптических систем.

*Ответ:* сферическая абберрация, кома, астигматизм, дисторсия, хроматическая абберрация.

10. Каким является изображение в кеплеровой трубе?

*Ответ:* **а)** перевёрнутым, б) прямым, в) такого оптического инструмента не существует.

11. В некоторой области пространства накладываются две когерентные световые волны интенсивностями  $I$  и  $4I$ . Чему будет равна интенсивность в максимуме освещённости?

*Ответ:*  $9I$ .

12. Какого типа интерференция происходит в интерферометре Фабри-Перо?

*Ответ:* а) многолучевая, б) двухлучевая, в) однолучевая.

13. Изображение, полученное с помощью галилеевой трубы получается:

*Ответ:* а) перевёрнутым; б) прямым.

14. Рефрактором называют телескоп, в котором оптическая система состоит из:

*Ответ:* а) зеркал; б) линз.

15. Оптическим интервалом называют расстояние между:

*Ответ:* а) задним фокусом объектива и передним фокусом окуляра; б) главными плоскостями объектива и окуляра; в) передней и задней линзами оптической системы.

## 2) расчетные задачи:

1. Свет с длиной волны 535 нм падает нормально на дифракционную решётку. Найти её период, если одному из френгоферовых максимумов соответствует угол дифракции  $35^\circ$  и наибольший порядок спектра равен пяти.

*Ответ:*  $d = 2,8$  мкм.

2. При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит  $\eta_1 = 30\%$  светового потока, а через два таких поляризатора –  $\eta_2 = 13,5\%$ . Найти угол  $\varphi$  между плоскостями пропускания этих поляризаторов.

*Ответ:*  $\varphi = \arccos(\sqrt{\eta_2}/\eta_1\sqrt{2}) = 30^\circ$ .

3. Кристаллическая пластинка, вырезанная параллельно оптической оси, имеет толщину 0,25 мм и служит пластинкой в четверть волны для  $\lambda = 0,53$  мкм. Для каких ещё длин волн в области видимого спектра она будет также пластинкой в четверть волны? Считать, что для всех длин волн видимого спектра  $n_e - n_o = 0,0090$ .

*Ответ:* 0,69, 0,60, 0,47 и 0,43 мкм.

4. В некоторой точке пространства наблюдают наложение двух когерентных световых волн одинаковой поляризации. Найти интенсивность света, если интенсивность каждой волны равна  $I_0$ , а разность фаз между ними равна  $\pi/4$ .

*Ответ:*  $I = \sqrt{2}I_0$ .

5. На диафрагму с круглым отверстием радиуса 0,8 мм падает параллельный пучок света с длиной волны 640 нм. На каком минимальном расстоянии от диафрагмы

следует поместить экран, на котором в центре дифракционной картины будет наблюдаться минимум освещённости?

*Ответ:* 0,5 м.

6. Пучок света падает нормально на пластинку толщиной 4 мм. Определить коэффициент поглощения материала пластинки, если она пропускает 88% падающего света. Отражениями пренебречь.

*Ответ:*  $k=32 \text{ м}^{-1}$ .

7. При прохождении пучка света интенсивности  $I_0$  через поляризатор минимум интенсивности прошедшего света равен  $0,5 I_0$ . При повороте плоскости пропускания поляризатора на некоторый угол наблюдается максимум интенсивности прошедшего света, равный  $0,75 I_0$ . Найти степень поляризации падающего света.

*Ответ:*  $P=0,2$ .

8. При каком значении угла падения  $\theta$  луч, отраженный от поверхности воды, будет перпендикулярен преломлённому лучу?

*Ответ:*  $\theta_1 = \arctg n = 53^\circ$ .

9. Определить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой стеклянной линзы в жидкости с показателем преломления  $n_0 = 1,7$ , если ее оптическая сила в воздухе  $\Phi_0 = -5,0$  дптр.

*Ответ:*  $\Phi = \Phi_0(n - n_0)/(n - 1) = 2,0$  дптр,  $f' - f = n_0/\Phi = 85$  см, где  $n$  и  $n_0$  — показатели преломления стекла и воды.

10. Вычислить оптическую силу и фокусные расстояния тонкой симметричной двояковыпуклой стеклянной линзы, с одной стороны которой находится воздух, а с другой — вода, если оптическая сила этой линзы в воздухе  $\Phi_0 = +10$  дптр.

### Решение

Оптическая сила сферической преломляющей поверхности на границе раздела сред с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  равна

$$\Phi_{12} = \frac{n_2 - n_1}{R},$$

где  $R$  — радиус кривизны поверхности. Оптическая сила симметричной тонкой линзы по одну сторону которой воздух, а по другую — вода, равна сумме оптических сил преломляющих поверхностей:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{n - 1 - (n_0 - n)}{R},$$

где  $n$  и  $n_0$  — показатели преломления стекла и воды, соответственно. В воздухе  $\Phi_0 = 2(n - 1)/R$ , откуда  $R = 2(n - 1)/\Phi_0$ . Подставляя  $R$  в формулу для  $\Phi$ , получаем

$$\Phi = \frac{2n - n_0 - 1}{2(n - 1)} \Phi_0.$$

Фокусное расстояние линзы в воздухе равно  $1/\Phi$ , а в воде  $f'=n_0/\Phi$ .

*Ответ:*  $\Phi = \Phi_0(2n - n_0 - 1)/2(n - 1) = 6,7$  дптр,  $f = 1/\Phi = 15$  см,  $f' = n_0/\Phi = 20$  см, где  $n$  и  $n_0$  — показатели преломления стекла и воды.

11. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной выпукло-вогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 17 см.

*Ответ:* +2 дптр.

12. Найти оптическую силу в воздухе для тонкой стеклянной двояковогнутой линзы с радиусами кривизны поверхностей 10 и 25 см.

*Ответ:* -7 дптр.

13. В центре сферической поверхности находится точечный изотропный источник, сила света которого  $I = 4$  кд. Найти световой поток, падающий на внутреннюю поверхность сферы.

*Ответ:*  $\Phi = 4\pi I = 50$  Лм.

14. Над центром стола на высоте  $h = 2,5$  м подвешен точечный изотропный источник света силой  $I = 10$  кд. Чему равна освещённость в центре стола?

*Ответ:*  $E = I/h^2 = 1,6$  лк.

15. В месте контакта стеклянной пластинки и плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны 15 мм наблюдают кольца Ньютона. Найти длину волны света, если радиус третьего светлого кольца равен 0,1 мм.

*Ответ:* 450 нм.