

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

УТВЕРЖДАЮ


Заведующий кафедрой
кафедрой оптики и спектроскопии
Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи
22.04.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.10 Оптика, физика атомов и молекул**

1. Код и наименование специальности:

14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

2. Специализация:

Проектирование и эксплуатация атомных станций

3. Квалификация выпускника: инженер – физик

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

к.ф.м.н, старший преподаватель, Гревцева Ирина Геннадьевна

7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ протокол № 4 от 18.04.2025 г.

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является формирование профессиональной компетенции студентов в области физических основ волновых явлений.

Задачами учебной дисциплины является:

- рассмотреть единый подход к изучению волновых процессов различной физической природы;
- сформировать у студентов представление об основных закономерностях возбуждения и распространения волн, о наиболее важных оптических явлениях;
- дать навыки простейших практических расчетов волновых процессов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина Б1.О.10 «Оптика, физика атомов и молекул» относится к обязательной части Блока 1.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.5	Оценивает численные значения величин, характерных для различных разделов естествознания	Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин; физические основы, фундаментальные понятия, законы оптики и атомной и молекулярной физики. Уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении стандартных задач по оптике, атомной и молекулярной физики. Владеть: методами аналитического и численного решения алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений математической физики при решении стандартных задач по оптике, атомной и молекулярной физики.
		ОПК-1.7	Строит математические модели для простейших систем и процессов в естествознании и технике	
		ОПК-1.8	Владеет методами аналитического и численного решения алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений математической физики	

ОПК-2	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий	ОПК-2.3	Выделяет и систематизирует основные результаты экспериментальных и теоретических исследований, корректирует план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов	Знать: основы постановки экспериментов, позволяющих изучать оптические явления, а также основные методы атомной и молекулярной спектроскопии; методы обработки экспериментальных результатов, оценки погрешностей проведенных измерений Уметь: использовать учебное оборудование для исследования различных оптических процессов; анализировать результаты наблюдений и экспериментов с применением основных законов и принципов оптики, а также атомной и молекулярной физики. Владеть: навыками обработки и представления экспериментальных результатов
		ОПК-2.4	Выбирает и создает критерии оценки исследований в области ядерной физики, физики реакторов, взаимодействия излучения с веществом	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 5/180.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен): зачет, экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		3 семестр	
Аудиторные занятия		84	
в том числе:	лекции	34	
	практические	16	
	лабораторные	34	
Самостоятельная работа		60	
в том числе: курсовая работа (проект)		0	
Форма промежуточной аттестации (экзамен - час.)		36	
Итого:		180	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекционные занятия			
1	Электромагнитные волны	Уравнения Максвелла. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Уравнение плоской монохроматической волны. Основные характеристики электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитных волн. Эффект Вавилова-Черенкова.	Онлайн-курс «Оптика» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29168
2	Интерференция света	Явление интерференции электромагнитных волн. Интерференция плоских монохроматических волн. Временная когерентность. Пространственная когерентность. Опыт Юнга. Способы наблюдения интерференции света. Полосы равного наклона и полосы равной толщины. Кольца Ньютона. Просветление оптики.	

		Многолучевая интерференция.	
3	Дифракция света	Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на круглом диске. Дифракция Фраунгофера. Дифракция на узкой щели. Дифракционная решетка. Голография.	
4	Поляризация света	Естественный и поляризованный свет. Поляризаторы. Степень поляризации. Поляризация при отражении и преломлении. Угол Брюстера. Двойное лучепреломление в одноосном кристалле. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Ход лучей в одноосном кристалле. Понятие о волновых и лучевых поверхностях. Эффект Керра. Вращение плоскости поляризации (естественное, магнитное).	
5	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом	Дисперсия света. Элементарная теория дисперсии. Комплексная диэлектрическая проницаемость вещества. Кривые дисперсии и поглощение света в веществе. Волновой пакет. Групповая скорость. Поглощение света. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Рассеяние света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние. Комбинационное рассеяние.	
6	Развитие фотонных (квантовых) представлений	Квантовая природа излучения. Тепловое излучение и его законы. Спектральная плотность равновесного теплового излучения. Формула Планка. Необходимость квантовых представлений. Фотоэффект. Эффект	
7	Сложное строение атома. Модели атома.	Открытие электрона. Открытие периодической таблицы элементов Д.И. Менделеевым. Линейчатые спектры атомов. Модель атома Дж. Томсона. Ядерная модель атома Резерфорда. Трудности классического объяснения ядерной модели атома Резерфорда. Модель атома Нильса Бора. Квантовые постулаты. Модель атома водорода по	
8	Волновой подход к объяснению свойств частиц.	Волновые свойства вещества. Гипотеза Де Бройля. Принцип неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера. Квантование энергии. Квантование моментов	
9	Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов	Принцип Паули. Распределение электронов по уровням энергии в сложном атоме. Заполнение слоев и	
10	Молекулы и кристаллы	Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Энергетические зоны в кристаллах.	
2. Практические занятия			
1	Электромагнитные волны.	Понятие волны. Виды волн. Фронт волны. Волновая поверхность. Уравнение плоской и сферической волны. Волновое уравнение. Упругие волны. Скорость упругих волн в различных средах. Энергия упругих волн. Стоячие волны. Электромагнитные волны. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Уравнение плоской монохроматической волны. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга. Интенсивность	https://edu.vs.u.ru/course/view.php?id=29168
2	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом.	Дисперсия света. Поглощение света. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Рассеяние света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние	

3	Развитие фотонных (квантовых) представлений	Квантовые свойства света. Энергия, импульс фотона. Давление света. Внешний фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Красная граница фотоэффекта. Эффект Комптона.	
4	Сложное строение атома. Модели атома.	Постулаты Бора. Строение атома водорода по Бору.	
5	Молекулы и кристаллы	Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Энергетические зоны в кристаллах.	
3. Лабораторные работы			
1	Интерференция света.	Лабораторная работа №1 «Определение радиуса кривизны поверхности линзы и длины световой волны с помощью колец Ньютона» Лабораторная работа №2 «Интерференция света в плоскопараллельной стеклянной пластине»	Онлайн-курс «Б1.О.20 Оптика» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29168
2	Дифракция света.	Лабораторная работа №3 «Дифракция монохроматического света на одной и нескольких щелях» Лабораторная работа №4 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»	
3	Поляризация света.	Лабораторная работа №5 «Получение и исследование поляризованного света. Закон Малюса» Лабораторная работа №6 «Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера» Лабораторная работа №7 «Изменение эффекта Фарадея»	
4	Развитие фотонных (квантовых) представлений	Лабораторная работа №8 «Изучение фотоэффекта»	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
1	Электромагнитные волны	2	2	-	4	8
2	Геометрическая оптика	2	4	-	4	10
3	Интерференция света	2	-	8	10	20
4	Дифракция света	2	-	8	8	18
5	Поляризация света	4	-	10	6	20
6	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом	4	4	-	4	12
7	Развитие фотонных (квантовых) представлений	4	2	8	4	18
8	Сложное строение атома. Модели атома.	2	2	-	4	8
9	Волновой подход к объяснению свойств частиц.	4	-	-	8	12
10	Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов	4	-	-	4	8
11	Молекулы и кристаллы	4	2	-	4	10
	Итого:	34	16	34	60	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины оптика являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к лабораторным занятиям

В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle –

электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических и лабораторных работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

01	Савельев И.В. Курс общей физики : В 4 Т. / И.В. Савельев .— М. : КНОРУС, 2012, - Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика .— 2012.— 570 с.
02	Сивухин Д. В. Общий курс физики : В 5 т. / Д.В. Сивухин .— М. : ФИЗМАТЛИТ ;, 2012.-Т.4: Оптика .— 3-е изд., стер. — 2012.— 791 с.
03	Ландсберг, Г.С. Оптика : учебное пособие / Г.С. Ландсберг. - 6-е изд., стереот. - М. : Физматлит, 2010. - 848 с. - ISBN 978-5-9221-0314-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&id=82969
04	Бутиков, Е.И. Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=2764

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
05	Иродов И. Е. Волновые процессы. Основные законы / И.Е. Иродов .— 3-е изд. — М : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 .— 263 с
06	Практикум по решению задач по общему курсу физики. Колебания и волны. Оптика. Н.П. Калашников [и др.] ; под ред. Н.М. Кожевникова .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013 .— 206
07	Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. / И.В. Савельев - М.: Астрель - АСТ, 2005
08	Иродов И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие для вузов / И. Е. Иродов .— 8-е изд. — М. : БИНОМ.Лаборатория знаний, 2007 .— 431 с.
09	Калитеевский Н. И. Волновая оптика : / Н.И. Калитеевский .— СПб : Лань, 2006 .— 465 с.

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

№ п/п	Ресурс
1.	«Университетская библиотека online» https://biblioclub.ru/
2.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/
3.	ЭБС "Рукопт" https://rucont.ru/
4.	ЭБС "Юрайт" https://biblio-online.ru/
5.	ЭБС IPRbooks http://www.iprbookshop.ru/

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

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	Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие к лабораторному практикуму / [В.Г. Клюев и др.]; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— Загл. с титул. экрана .— Режим доступа: для зарегистрированных читателей ВГУ .— Текстовый файл .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-73.pdf >.
2	Погрешности измерения физических величин : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост.: А.Н. Ларионов, В.В. Чернышев, Н.Н. Ларионова .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009 .— 48 с. : ил. — Библиогр.: с.47 .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-117.pdf >.
3	Яковенко Н.В. Самостоятельная работа студентов : методические рекомендации / Н. В. Яковенко, О.Ю. Сушкова .— Воронеж, 2015 .— 22 с.
4	Электронная библиотека учебно-методических материалов ВГУ http://www.lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?linit+lib.xml,simple.xsl+rus

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции, практические и лабораторные занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Организационная структура практического занятия - решение задач или семинар: 1. Проверка готовности студентов к занятию - их теоретическая готовность к выполнению заданий. 2. Основная часть занятия, где студенты выполняют задания, а контроль их исполнения (полнота и качество) и помощь осуществляет преподаватель. 3. Заключительная часть - подведение преподавателем итогов занятия, получение студентами заданий на самостоятельную работу.

Содержание семинара, формируется так, чтобы оно способствовало поиску дополнительных источников знаний и развитию творческого мышления, умению находить пути решения и ответы на проблемные вопросы. По некоторым темам в задание можно включать подготовку 1 -2 докладов (сообщений) по наиболее сложным вопросам, заблаговременно назначив докладчиков.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной

среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или “MOOC ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно- маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Микроскоп ПМТ-3 с осветителем для работы в отражённом свете; интерференционные светофильтры, стеклянная вставка для опытов с кольцами Ньютона; лабораторная установка для наблюдения интерференции на плоскопараллельной пластинке (лазер, плоскопараллельная пластинка, экран, линза, оптическая скамья); модульный лабораторный учебный комплекс МУК-ОВ позволяющий наблюдать и изучать интерференцию света от двух когерентных источников света, дифракцию на одиночной щели, системе щелей и дифракционных решетках, явление поляризации света, выполнение закона Малюса и закона Брюстера; Лабораторная установка “Эффект Фарадея”; лабораторная установка “Интерферометр Маха-Цендера”; лабораторная установка «Фотоэффект».

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

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-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
2	Геометрическая оптика	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
3	Интерференция света	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам

4	Дифракция света	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
5	Поляризация света	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
6	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос.
7	Развитие фотонных (квантовых) представлений	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос.
8	Сложное строение атома. Модели атома.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос.
9	Волновой подход к объяснению свойств частиц.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос.
10	Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос.
11	Молекулы и кристаллы	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.5 ОПК-1.7 ОПК-1.8 ОПК-2.3 ОПК-2.4	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос.
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания и критерии их оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос); лабораторных работ; оценки результатов практической деятельности (решение задач, работа на семинарах). Критерии оценивания приведены ниже. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

Для оценивания результатов обучения на экзамене учитываются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами волновых явлений;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными современных научных исследований в оптике;
- 4) умение применять основные законы и анализировать результаты наблюдений и экспериментов
- 5) владение понятийным аппаратом и умение применять теоретические знания для решения практических задач .

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Посещаемость лекционных занятий. Проверка преподавателем конспектов по пройденному материалу.

2. Выполнение практических заданий. Примерный перечень практических заданий:

1. Упругие волны. Электромагнитные волны

1.1. За какое время от начала движения точка, колеблющаяся по закону $x=7\sin(0,5\pi t)$ (м), проходит путь от положения равновесия до максимального смещения?

1.2. При фазе $\pi/3$ смещение частицы, колеблющейся по закону косинуса, было равно 1 см. Найти амплитуду колебаний и смещение при фазе $3\pi/4$.

1.3. Поезд проходит мимо станции со скоростью $u=40$ м/с. Частота ν_0 тона гудка электровоза равна 300 Гц. Определить кажущуюся частоту ν тона для человека, стоящего на платформе, в двух случаях: 1) поезд приближается; 2) поезд удаляется.

1.4. Одна из спектральных линий, испускаемых возбужденными ионами He^+ , имеет длину волны $\lambda = 410$ нм. Найти доплеровское смещение $\Delta\lambda$ этой линии, если ее наблюдать под углом $\theta = 300^\circ$ к пучку движущихся ионов с кинетической энергией $T=10$ МэВ. $1 \text{ эВ}=1.6 \times 10^{-19}$ Дж, $m=6.6 \times 10^{-27}$ кг.

2. Геометрическая оптика

2.1. Кубический сосуд с непрозрачными стенками расположен так, что глаз наблюдателя не видит его дна, но полностью видит стенку АВ. До какой высоты h надо заполнить сосуд водой ($n = 1,333$), чтобы наблюдатель смог увидеть предмет F, находящийся на расстоянии $b = 20$ см от точки стенки сосуда?

2.2. Световой луч распространяется в стекле с показателем преломления $n = 1,24$.

На его пути встречается щель, заполненная воздухом. Грани щели плоские и параллельные, расстояние между гранями равно $d = 6$ см, угол падения луча на грань $\alpha = 30^\circ$. На какое расстояние сместится световой луч, вышедший из щели, относительно продолжения падающего луча?

2.3. На горизонтальном дне бассейна лежит плоское зеркало. Луч света, преломившись на поверхности воды, отражается от зеркала и выходит в воздух на расстоянии $d = 1,5$ м от места вхождения. Глубина бассейна $h = 2$ м, показатель преломления воды $n = 1,33$. Определите угол падения луча α .

2.4. Предмет находится на расстоянии $0,48$ м от вогнутого зеркала. Зеркало дает действительное изображение предмета с уменьшением $k=4$. Найти радиус кривизны зеркала.

3. Интерференция света

3.1. Два когерентных источника, расстояние между которыми $d=0,24$ мм удалены от экрана на $l=2,5$ м. На длине экрана $L=5$ см располагается $N=10,5$ полос. Чему равна длина волны монохроматического света, падающего на экран.

3.2. В опыте Юнга на пути одного из лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda=5 \cdot 10^{-7}$ м поместили перпендикулярно лучу тонкую стеклянную пластину с показателем преломления $n=1,5$. При этом центральная светлая полоса сместилась в положение, первоначально занимаемое пятой светлой полосой. Какова толщина стеклянной пластины h ?

4. Дифракция света

4.1. На непрозрачную пластину с круглым отверстием (дифракция Френеля) радиуса $r = 1$ мм падает нормально параллельный пучок монохроматического света с $\lambda=750$ нм. На пути лучей, проходящих через отверстие, помещен экран, на котором наблюдается дифракционная картина. При каком минимальном расстоянии между пластиной и экраном, превышающем 20 см, в центре экрана будет наблюдаться темное пятно?

4.2. На прямоугольную щель нормально к ее плоскости падает параллельный пучок монохроматического света (дифракция Фраунгофера); расположенная за щелью линза с фокусным расстоянием $F=2,0$ м проецирует на экран дифракционную картину в виде чередующихся светлых и темных полос. Ширина центральной светлой полосы $b=5$ см. Как надо изменить ширину щели, чтобы центральная светлая полоса заняла весь экран (при любой ширине)?

5. Поляризация света

5.1. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения ϵ В отраженный свет полностью поляризован?

5.2. Анализатор в $k=2$ раза уменьшает интенсивность света, проходящего к нему от поляризатора. Определить угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора. Потери интенсивности света в анализаторе пренебречь.

6. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом

6.1. На сколько процентов уменьшается интенсивность света, который распространяется в веществе, толщина слоя которого в первом случае равна 1 мм, а во втором 1 м? Коэффициент поглощения вещества равен $\alpha=1,2$ м⁻¹. Считать распространяющуюся волну плоской и монохроматической.

6.2. Каков коэффициент поглощения вещества, если свет падая перпендикулярно по очереди на две пластинки из него (толщина первой пластинки 10^{-2} см, второй пластинки $5 \cdot 10^{-2}$ см) уменьшает свою интенсивность после прохождения первой пластинки на 82% , а после второй на 67% от первоначальной интенсивности.

7. Развитие фотонных (квантовых) представлений

7.1. На металлическую пластинку падает монохроматический свет с $\lambda=0,413$ мкм. Фотоэлектроны задерживаются при напряжении электрического поля $U=1$ В. Определить работу выхода в электрон — вольтах и красную границу фотоэффекта.

7.2. В результате Комптона — эффекта фотон при соударении с электроном был рассеян на угол 90° . Энергия рассеянного фотона $\epsilon_2=0,4$ МэВ. Определить энергию фотона

ϵ_1 до рассеяния.

В конце каждого занятия проходит опрос по материалам прошедшего практического занятия в формате дискуссии.

8. Сложное строение атома. Модели атома.

8.1. При переходе электронов в атомах водорода с четвертой стационарной орбиты на вторую

излучаются фотоны с энергией $4.04 \cdot 10^{-19}$ Дж (зеленая линия водородного спектра). Определить длину волны этой линии спектра.

8.2. Под действием электронов с кинетической энергией 1.892 эВ водород светится. Какого цвета линия получена в спектре.

9. Молекулы и кристаллы

9.1. Серийная структура спектра атома алюминия

Пример комплекта заданий для контрольной работы Тема Интерференция света. Дифракция света

Вариант 1

Задание 1. В установке Юнга, находящейся в воздухе, расстояние d между щелями S_1 и S_2 равно 1 мм, а расстояние L от щелей до экрана 3 м. Определите разность хода лучей, приходящих в точку экрана M , если расстояние l до нее от центра экрана 3 мм. Ответ представьте в микрометрах.

Задание 2. На поверхность стеклянной призмы нанесена тонкая пленка с показателем преломления $n_{пл} < n_{ст}$ толщиной 112,5 нм. На пленку по нормали к ней падает свет с длиной волны 630 нм. При каком значении показателя преломления $n_{пл}$ пленка будет «просветляющей»?

Задание 3. На дифракционную решетку, содержащую $n = 400$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6$ мкм). Найдите общее число дифракционных максимумов, которые дает эта решетка. Определите угол φ дифракции, соответствующий последнему максимуму.

Вариант 2 Задание 1. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны 600 нм. Расстояние между отверстиями 1 мм, расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найдите положение первых трех светлых полос.

Задание 2. Параллельный пучок света падает нормально на плосковыпуклую стеклянную линзу, лежащую выпуклой стороной на стеклянной пластинке. В отраженном свете наблюдаются кольца Ньютона. Проведя опыт в отраженном свете, измерили радиус третьего темного кольца Ньютона. Когда пространство между пластинкой и линзой заполнили жидкостью, то тот же радиус пале имеет кольцо с номером на единицу большим. Определите показатель преломления жидкости.

Задание 3. На дифракционную решетку, содержащую $n = 500$ штрихов на 1 мм, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определите ширину b спектра первого порядка на экране, если расстояние L линзы до экрана равно 3 м. Границы видимости спектра $\lambda_{кр} = 780$ нм, $\lambda_{Ф} = 400$ нм

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении контрольной работы решены задачи без замечаний;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении контрольной работы правильно решены задачи с некоторыми замечаниями;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в контрольной работе правильно решены половина задач;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в контрольной работе предлагаемые задачи решены не были.

3. Выполнение лабораторных работ

Примерный перечень лабораторных работ:

- Лабораторная работа №1

«Определение радиуса кривизны поверхности линзы и длины световой волны с помощью колец Ньютона»

- Лабораторная работа №2

«Интерференция света в плоскопараллельной стеклянной пластине»

- Лабораторная работа №3

«Дифракция монохроматического света на одной и нескольких щелях»

- Лабораторная работа №4

«Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»

- Лабораторная работа №5

«Получение и исследование поляризованного света. Закон Малюса»

- Лабораторная работа №6

«Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера»

- Лабораторная работа №7

«Изучение эффекта Фарадея»

- Лабораторная работа №8

«Изучение фотоэффекта»

Студент должен ознакомиться с порядком выполнения задания, при помощи преподавателя выполнить практическую часть работы, представить полученные результаты преподавателю, оформить работу и сформулировать выводы. Следующее лабораторное занятие студент начинает с представления оформленной работы, отчитывается по работе и получает следующее практическое задание.

Примеры контрольных вопросов к отчету по лабораторным работам

1. Интерференция монохроматического света. Расчет интерференционной картины при двухлучевой интерференции (оптический путь, оптическая разность хода, условия образования максимумов и минимумов, ширина интерференционной полосы).

2. Когерентные источники, способы их получения (метод деления амплитуды и метод деления волнового фронта).

4. Интерференция в тонких пленках. Что означает термин «тонкая пленка»?

5. Полосы равной толщины и равного наклона.

6. Кольца Ньютона в отраженном и проходящем свете. Объясните причину возникновения интерференционных полос. Почему они имеют форму колец?

7. Почему в отраженном свете интерференционная картина выглядит более контрастной, чем в проходящем свете?

8. Почему интерференционная картина исчезает при увеличении расстояния между линзой и пластинкой?

9. В чем заключается явление дифракции?

10. Чем отличается дифракция Френеля от дифракции Фраунгофера?

11. Что такое волновой фронт, волновая поверхность?

12. Как с помощью принципа Гюйгенса можно объяснить дифракцию?

13. Что такое зоны Френеля?

14. В чем заключается метод зон Френеля?

15. Какие должны быть выполнены условия, чтобы можно было наблюдать дифракцию?

16. В чем заключается явление поляризации света?

17. Чем отличается линейно-поляризованный свет от естественного света?

18. Чем отличается линейно-поляризованный свет от света с круговой поляризацией?

19. Можно ли с помощью поляризатора и анализатора определить тип

поляризации света (линейная, круговая, эллиптическая)?

20. Сформулируйте закон Малюса.

21. Чему равна интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор?

22. Как поляризован луч, отраженный от диэлектрика?

23. Сформулируйте закон Брюстера.

24. Показать, что при падении света под углом Брюстера, отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.

25. Запишите формулы Френеля. Какие величины они связывают? Для какого света применимы эти формулы?

26. Что называется коэффициентом отражения? От чего зависит его величина?

27. В чем состоит и чем объясняется эффект Фарадея?

28. Какие параметры среды определяют постоянную Верде?

29. Какова предполагаемая зависимость постоянной Верде от частоты света в области слабого оптического поглощения?

30. В чем состоит явление внешнего фотоэффекта?

31. Что такое «красная граница» фотоэффекта?

32. Сформулировать законы фотоэффекта.

33. Что такое контактная разность потенциалов и каким образом она влияет на характеристику фотоэлемента.

34. Что называется вольтамперной характеристикой фотоэлемента?

35. От чего зависит начальная скорость вырываемых светом электронов?

36. От чего зависит сила фототока?

37. Объясните физический смысл задерживающего потенциала.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если задание выполнено и даны правильные ответы на большинство вопросов к работе;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если задание не выполнено или выполнено с существенными замечаниями.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к КИМ:

1. Уравнение плоской и сферической волны. Фаза волны. Волновая поверхность. Длина волны, волновое число, волновой вектор. Затухающие волны. Волновое уравнение.
2. Энергия упругих волн. Стоячие волны. Звуковые волны. Эффект Доплера для звуковых волн. Ударные волны.
3. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Уравнение плоской монохроматической волны. Основные характеристики электромагнитных волн.
4. Энергия и импульс электромагнитных волн. Излучение диполя. Эффект Вавилова-Черенкова
5. Отражение и преломление плоской волны на границе раздела двух диэлектриков. Закон отражения и преломления волны. Полное внутреннее отражение. Коэффициент отражения и пропускания волны при нормальном падении на границу раздела.
6. Основные законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Коэффициент отражения и пропускания волны при нормальном падении на границу раздела.
7. Интерференция плоских монохроматических волн. Расстояние между интерференционными полосами. Пространственная и временная когерентность. Схемы наблюдения интерференции.
8. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики. Многолучевая интерференция.
9. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на простейших

преградах

10. Дифракционная решетка. Разрешающая способность оптических приборов.
11. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Угол Брюстера.
12. Анизотропные среды. Двойное лучепреломление в одноосном кристалле. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Ход лучей в одноосном кристалле.
13. Дисперсия света. Элементарная теория дисперсии света. Комплексная диэлектрическая проницаемость вещества.
14. Поглощение света. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Рассеяние света. Закон Рэлея.
15. Квантовая природа излучения. Тепловое излучение и его законы. Спектральная плотность равновесного теплового излучения. Формула Планка. Необходимость квантовых представлений.
16. Фотоэлектрический эффект. Химическое действие света. Эффект Комптона. Давление света..
17. Атомные переходы. Спонтанное излучение, среднее время жизни в возбужденном состоянии. Люминесценция. Вынужденное излучение.
18. Опыты и явления, подтверждающие сложность атома.
19. Модель атома Резерфорда.
20. Квантовые постулаты Бора.
21. Модель атома водорода по Бору.
22. Происхождение линейчатых спектров. Спектры излучения и поглощения.
23. Опыты Франка и Герца.
24. Спектр энергетических состояний атомов.
25. Трудности теории Бора.
26. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства электрона.
27. Соотношение неопределенностей.
28. Атом водорода.
29. Спин электрона, многоэлектронные атомы.
30. Энергия молекулы. Молекулярные спектры.
31. Энергетические зоны в кристаллах.

Описание технологии проведения

Промежуточная аттестация по дисциплине — оценка. В приложение к диплому вносится оценка. Экзамен проводится в письменной форме. Каждый билет включает два теоретических вопроса.

Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа и отвечает преподавателю.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка уровня освоения дисциплины «Оптика, физика атомов и молекул» осуществляется по следующим показателям:

- предварительная оценка качества работы на лекционных, практических и лабораторных занятиях;
- полнота ответов на вопросы экзаменационного билета.

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.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
---------------------------------	--------------

<p>Посещение лекционных, лабораторных и практических занятий.</p> <p>Правильно выполненные задания практических и лабораторных работ. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы по основным оптическим явлениям и методам их исследования. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области оптики.</p>	Отлично
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины..</p>	Хорошо
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление...о теоретических основах., допускает существенные ошибки...</p>	Удовлетворительно
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</p>	Неудовлетворительно

21. Фонд оценочных средств

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. Какая величина измеряется в канделах?

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

4. Каким является изображение в кеплеровой трубе?

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

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

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

6. Изображение, полученное с помощью галилеевой трубы получается:

Ответ: а) перевёрнутым; **б)** прямым.

7. 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

8. 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.

9. Чем различается плоскополяризованный и линейно поляризованный свет.

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

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

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

11. 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.

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

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

13. 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) 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.

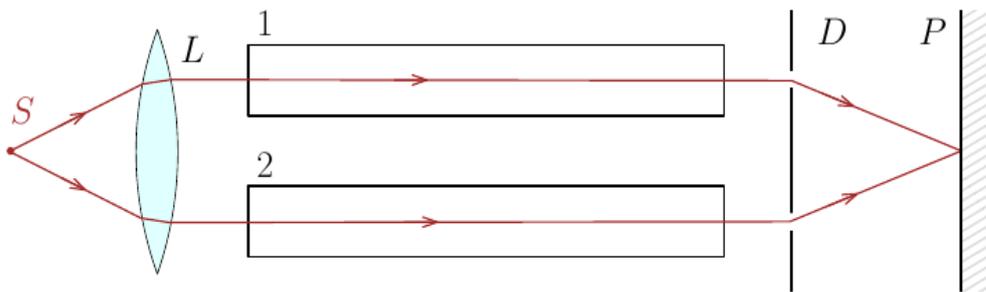
2. Радиолокатор работает на длине волны $\lambda = 50,0$ см. Найти скорость приближающегося самолёта, если частота биений между сигналами передатчика и отражёнными от самолёта в месте расположения локатора $\Delta\nu = 1,00$ кГц.

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.



Ответ: $n' = n + N \lambda / l = 1,000377$.

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 $m = 3$.

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

7. При каком значении угла падения θ луч, отраженный от поверхности воды, будет перпендикулярен преломленному лучу?

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

8. 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.

9. 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.
 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. На каком расстоянии от тонкой линзы с оптической силой +12 дптр образуется изображение предмета, находящегося на расстоянии 23 см от линзы?

Ответ: 13 см.

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

Ответ: $\beta = -2$.

15. 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.

16. 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.

17. 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.