

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии  
(Овчинников О.В.)  
подпись, расшифровка подписи  
21.06.2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.12.04 Волны и оптика**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.03.02 Ядерные физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация: физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: Высшее образование (бакалавр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Татьянина Елена Павловна, кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 20.06.2023

Продлена НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.24

8. Учебный год: 2025/2026 Семестр(ы): 4

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины "Волны и оптика" являются: формирование профессиональной компетенции студентов физического факультета, обучающихся по направлению "Ядерная физика и технологии", в области физических основ волновых и оптических явлений.

Задачи учебной дисциплины:

- 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:

Дисциплина базовой части цикла Б1.О.12 (Физика).

### 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
ОПК1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.1	Знает основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин</p> <p>Знать: физические основы, фундаментальные понятия и законы оптики</p> <p>Знать: основы постановки экспериментов, позволяющих изучать оптические явления</p> <p>Знать: методы обработки экспериментальных результатов, оценки погрешностей проведенных измерений</p>

		ОПК-1.2	Использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>Уметь: применять математические методы при решении задач по оптике</p> <p>Уметь: использовать учебное оборудование для исследования различных оптических процессов</p> <p>Уметь: анализировать результаты наблюдений и экспериментов с применением основных законов и принципов оптики</p>
		ОПК-1.3	Владеет навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Владеть: навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин, применяя методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p> <p>Владеть: навыками применения математических методов при решении задач по волновым процессам и оптике</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) — 5/180.

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) ЭКЗАМЕН

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			4 семестр
Аудиторные занятия		104	104
в том числе:	лекции	14	14
	практические	30	30
	лабораторные	60	60
Самостоятельная работа		40	40
в том числе: курсовая работа (проект)		0	0
Форма промежуточной аттестации (экзамен - час.)		36	36
Итого:		180	180

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекционные занятия</b>			
1	Упругие и электромагнитные волны	<i>Распространение волн в упругой среде. Уравнение плоской и сферической волны. Волновое уравнение. Скорость упругих волн в различных средах. Энергия упругих волн. Стоячие волны. Звуковые волны. Эффект Доплера в акустике. Основные свойства световых полей. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Уравнение плоской монохроматической волны. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга. Интенсивность электромагнитной волны. Импульс волны и давление на стенку. Эффект Доплера для электромагнитных волн. Излучение движущегося заряда.</i>	Онлайн-курс "Волны и оптика" <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4707">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4707</a>

2	Геометрическая оптика	<i>Законы геометрической оптики. Закон отражения и преломления волны. Полное внутреннее отражение. Принцип Ферма. Коэффициент отражения и преломления волны при нормальном падении на границу раздела. Коэффициент отражения и преломления волны при параллельном падении на границу раздела. Плоскопараллельная пластинка. Зеркала. Линзы. Призмы. Оптические системы</i>
3	Интерференция света	<i>Явление интерференции электромагнитных волн. Интерференция плоских монохроматических волн. Расстояние между интерференционными полосами. Временная когерентность. Пространственная когерентность. Роль конечных размеров источника. Опыт Юнга (с узкой и широкой щелью). Радиус и объем когерентности. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция при отражении от тонких пластинок. Полосы равного наклона и полосы равной толщины. Кольца Ньютона. Просветление оптики. Интерферометр Майкельсона. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо.</i>
4	Дифракция света	<i>Принцип Гюйгенса-Френеля. Интеграл Кирхгофа. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на круглом диске. Дифракция Фраунгофера. Дифракция на узкой щели. Дифракционная решетка. Голография. ( практика, лабораторные работы)</i>

5	Поляризация света	Естественный и поляризованный свет. Частично 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. Прохождение плоскополяризованного света через кристаллическую пластинку. Пластинки в четверть волны и в полволны. Искусственное двойное лучепреломление. Эффект Керра. Вращение плоскости поляризации (естественное, магнитное). (лекции, лабораторные работы)	
6	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. (лекции, лабораторная работа)	
7	Квантовые свойства света	Квантовая природа излучения. Тепловое излучение и его законы. Спектральная плотность равновесного теплового излучения. Формула Планка. Необходимость квантовых представлений. Фотозлектрический эффект. Химическое действие света. Эффект Комптона. Давление света. Атомные переходы. Спонтанное излучение, среднее время жизни в возбужденном состоянии. Люминесценция. Вынужденное излучение. Принцип действия лазеров. Взаимодействие излучения с веществом (элементарные процессы). (практика, лабораторная работа)	
<b>2. Практические занятия</b>			
1	Упругие и 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.	Онлайн-курс "Волны и оптика"

		Стоячие волны. Звуковые волны. Эффект Доплера в акустике. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Уравнение плоской монохроматической волны. Энергия электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга. Интенсивность электромагнитной волны. Импульс волны и давление на стенку. Эффект Доплера для электромагнитных волн.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4707">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4707</a>
2	Геометрическая оптика.	Законы геометрической оптики. Закон отражения и преломления волны. Полное внутреннее отражение. Преломление света в плоскопараллельной пластинке. Ход лучей в плоских и сферических зеркалах. Тонкие и толстые линзы, и их основные элементы. Формула тонкой линзы. Формула толстой линзы. Виды линз. Построение хода луча в линзе. Система линз и ход лучей в них. Призмы. Оптические системы.	

3	Интерференция света.	Интерференция монохроматического света. Оптическая разность хода. Порядок интерференции. Ширина интерференционной полосы. Условия возникновения максимума и минимума интенсивности света. Классические интерференционные схемы: опыт Юнга, бисеркала Френеля, бипризма Френеля, билинза Бийе.
4	Дифракция света.	Принцип Гюйгенса-Френеля Зоны Френеля, графический метод сложения амплитуд. Дифракция на круглых отверстиях, экранах. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера, границы их применения. Дифракция света на периодических структурах.
5	Поляризация света.	Линейно-, циркулярно- и эллиптически- поляризованный свет. Математическое описание состояния поляризации. Поляризация естественного света. Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Формулы Френеля. Поляризация отраженной и преломленной волн. Угол Брюстера. Явление полного внутреннего отражения света и его применение.
6	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом.	Дисперсия света. Поглощение света. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Рассеяние света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние. Комбинационное рассеяние.
7	Квантовые свойства света	Квантовые свойства света. Энергия, импульс фотона. Давление света. Внешний фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Красная граница фотоэффекта. Эффект Комптона.
<b>3. Лабораторные занятия</b>		
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» Лабораторная работа №3 «Интерференция света от двух когерентных источников света» Лабораторная работа №4 «Интерферометр Маха-Цендера»
2	Дифракция света.	Лабораторная работа №5 «Дифракция монохроматического света на одной и нескольких щелях» Лабораторная работа №6 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»
3	Поляризация света.	Лабораторная работа №7 «Получение и исследование поляризованного света. Закон Малюса» Лабораторная работа №8 «Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера» Лабораторная работа №9 «Изучение эффекта Фарадея»
4	Квантовые свойства света	Лабораторная работа №10 «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	Упругие электромагнитные волны	2	4		6	12
2	Геометрическая оптика	2	4		6	12
3	Интерференция света	2	4	15	6	27
4	Дифракция света	2	4	15	6	27
5	Поляризация света	2	4	15	6	27
6	Взаимодействие электромагнитных волн с веществом	2	6		6	14
7	Квантовые свойства света	2	4	15	4	25
	Итого:	14	30	60	40	144

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

Основными этапами освоения дисциплины "Волны и 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 электроннобиблиотечные 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	<b>Савельев И.В.</b> Курс общей физики : В 4 т. / И.В. Савельев .— М. : КНОРУС, 2012, -. Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика .— 2012.— 570 с.
02	<b>Сивухин Д. В.</b> Общий курс физики : В 5 т. / Д.В. Сивухин .— М. : ФИЗМАТЛИТ ;, 2012-.Т.4: Оптика .— 3-е изд., стер. — 2012.— 791 с.
03	<b>Ландсберг, Г.С.</b> 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: <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=82969">https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=82969</a>
04	<b>Бутиков, Е.И.</b> Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: <a href="http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=2764">http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=2764</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
05	<b>Иродов И. Е.</b> 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	<i>Иродов И. Е. Задачи по общей физике : учеб. пособие для вузов / И. Е. Иродов .— 8-е изд. — М. : БИНОМ.Лаборатория знаний, 2007 .— 431 с.</i>
09	<i>Калитеевский Н. И. Волновая оптика : / Н.И. Калитеевский .— СПб : Лань, 2006 .— 465 с.</i>

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

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

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электроннообразовательные 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	Электронная библиотека учебно-методических материалов ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?InIt+lib.xml,simple.xsl+rus">http://www.lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?InIt+lib.xml,simple.xsl+rus</a>
2	Яковенко Н.В. Самостоятельная работа студентов : методические рекомендации / Н. В. Яковенко, О.Ю. Сушкова .— Воронеж, 2015 .— 22 с.
3	Латышев, А.Н. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом : учебное пособие / А.Н. Латышев, В.Н. Селиванов ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2005 .— 106 с.
4	Лабораторные работы студенческих практикумов подразделений Учебно-научного центра "Фундаментальная оптика и спектроскопия" / Рос. акад. наук, Физ. ин-т им. П.Н.Лебедева, ФИАН, МФТИ .— М., 2000 -.Ч.1 .— 2000 .— 46 с.
5	Лабораторные работы студенческих практикумов подразделений Учебно-научного центра "Фундаментальная оптика и спектроскопия" / Рос. акад. наук, Физ. ин-т им. П.Н.Лебедева, ФИАН, МФТИ .— М., 2000 -.Ч.2 .— 2000 .— 36 с.
6	Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие к лабораторному практикуму / [В.Г. Ключев 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: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-73.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-73.pdf</a> >.

## 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 «МООК 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.

Лабораторная установка «Эффект Фарадея»; лабораторная установка «Интерферометр МахаЦендера»; микротвердомер ПИТ; лабораторная установка «Дифракция на одиночной щели»; лабораторная установка «Дифракция на системе щелей и дифракционных решетках»; лабораторная установка «Бипризма Френеля»; лабораторная установка «Уравнение линзы»; набор оборудования по теме «Оптика с блоком лазерных лучей»; кристалл с двухлучевым преломлением; стеклянная вставка для опытов с кольцами Ньютона; лабораторные комплексы ЛКО-11, ЛКО-1А, ЛКО-3; лабораторные модули МРО-1, МРО-2, МРО-3, 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, компьютер для обработки результатов вычислений.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

#### **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	<i>Упругие и электромагнитные волны</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
2	<i>Геометрическая оптика</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным и практическим, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
3	<i>Интерференция света</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
4	<i>Дифракция света</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
5	<i>Поляризация света</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
6	<i>Взаимодействие электромагнитных волн с веществом</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
7	<i>Квантовые свойства света</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
Промежуточная аттестация форма контроля - 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  $\nu_0$  тона гудка электровоза равна 300 Гц. Определить кажущуюся частоту  $\nu$  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  $\theta = 30^\circ$  к пучку движущихся ионов с кинетической энергией  $T=10$  МэВ.

$$1 \text{ эВ} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Дж}, m = 6.6 \times 10^{-27} \text{ кг.}$$

#### **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  $\alpha$ .

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  $\varepsilon_v$  отраженный свет полностью поляризован?

5.2. Анализатор в  $k=2$  раза уменьшает интенсивность света, проходящего к нему от поляризатора. Определить угол  $\alpha$  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<sup>-1</sup>. 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. Квантовые свойства света

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  $90^\circ$ . Энергия рассеянного фотона  $\varepsilon_2=0.4$  МэВ. Определить энергию фотона  $\varepsilon_1$  до рассеяния.

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

### 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, проходящих 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  $\varphi$  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 пало иметь 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**

«Интерференция света от двух когерентных источников света»

- **Лабораторная работа №4**

«Интерферометр Маха-Цендера»

- **Лабораторная работа №5**

«Дифракция монохроматического света на одной и нескольких щелях»

- **Лабораторная работа №6**

«Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки»

- **Лабораторная работа №7**

«Получение и исследование поляризованного света. Закон Малюса»

- **Лабораторная работа №8**

«Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера»

- **Лабораторная работа №9**

«Изучение эффекта Фарадея»

- **Лабораторная работа №10**

«Изучение фотоэффекта»

Лабораторные работы выполняются на занятии в течение 2 академических часов. За этот период студент должен, ознакомившись с порядком выполнения задания, при помощи преподавателя выполнить практическую часть работы, представить полученные результаты преподавателю и, если позволяет время, приступить к оформлению работы и формулировке

выводов. 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. Оптические квантовые генераторы.

**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*» 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	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лекционных, лабораторных и практических занятий. Правильно выполненные задания практических и лабораторных работ. Ответ на вопрос контрольноизмерительного 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.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>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..</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>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</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

Составитель:

Татьянина Елена Павловна, кандидат физико-математических

наук, доцент



Программа рекомендована \_\_\_\_\_ НМС \_\_\_\_\_ физического факультета \_\_\_\_\_



17

(наименование факультета, структурного  
подразделения) протокол от  
20.06.2023 № 6