

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

кафедры оптики и спектроскопии

наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи

24.06.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.25 Оптическая физика**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

12.03.03. Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/специализация: Фотоника и оптоинформатика

3. Квалификация выпускника: Высшее образование (бакалавр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Овчинников Олег Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 23.06.2022

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2023/2024; 2024/2025

Семестр(ы): 4, 5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:* формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций студентов физического факультета, обучающихся по кафедре оптики и спектроскопии в области классических и квантовых основ физики оптических явлений, теории процессов взаимодействия света с веществом.

### *Задачи учебной дисциплины:*

- овладеть знаниями фундаментальных основ физики оптических явлений, количественные характеристики, схем наблюдения оптических эффектов и областей их применения; принципов работы и характеристик важнейших оптических элементов, узлов и приборов, включающих источники и приемники излучения, поляризационные и светоделительные устройства, фильтры и компенсаторы, спектральные приборы и интерферометры, оптические измерительные устройства; методики проведения экспериментальных исследований и выполнения количественной обработки данных, с использованием современных расчетно-графических пакетов, основ анализа результатов эксперимента, подходов к решению теоретических задач из основных разделов физической оптики;

- сформировать знания закономерностей и тенденций развития современных методов исследования оптико-физических процессов и их применения для создания новых оптических элементов и устройств;

- сформировать знания о содержании разнообразных информационных ресурсов по оптической физике для освоения теоретической части дисциплины и выполнении практических заданий;

- объяснить закономерности и причины появления, развития оптических явлений, эффектов и процессов,

- пояснить принципы работы и конструкции важнейших оптических элементов, устройств и приборов, а также сравнить их параметры и предельные характеристики;

- проанализировать возможности элементной базы для организации экспериментальных исследований, выполняемых оптическими методами,

- научиться составлять план проведения эксперимента, разрабатывать методику измерений регистрируемых физических величин; анализировать и объяснять результаты эксперимента, выбирать наиболее эффективные способы представления результатов экспериментальных исследований, демонстрировать навыки работы с важнейшими оптическими элементами, узлами и приборами, собирать, настраивать и юстировать оптические элементы, узлы и устройства, работающие в измерительных схемах, при проведении экспериментальных исследований различными оптико-физическими и спектральными методами, выполнять количественную обработку результатов измерений, расчет погрешностей, и применять математические критерии для оценки результатов эксперимента;

- овладеть навыками участия в коллективных обсуждениях, дискуссиях, касающихся оптических явлений, законов, приборов и устройств, используя собственные накопленные теоретические знания и практический опыт; навыками обоснования постановки цели, задач и выбора методики проведения эксперимента оптическими методами, а также выбора подходов к решению теоретических и расчетных задач по отдельным разделам оптики.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина Б1.О.25 «Оптическая физика» относится к обязательной части цикла Б1 учебного плана образовательной программы по направлению 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика». Для освоения данной дисциплины необходимы базовые знания по общему курсу физики, в частности разделы: электричество и магнетизм, оптика, а также знания по курсу электродинамики. Является предшествующей для дисциплин «Волноводная фотоника», «Основы квантовой электроники», «Оптическое материаловедение». Находится в тесной взаимосвязи с дисциплинами: «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Электродинамика».

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

Код	Название	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
-----	----------	--------	--------------	---------------------------------

	компетенции			
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.1	Применяет знания математики в инженерной практике при моделировании	<p>Знать: приемы выявления естественнонаучной сущности проблем в области физики оптических явлений, а также привлечения для их решения физико-математического аппарата</p> <p>Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем в области физики оптических явлений, а также привлечь для их решения физико-математический аппарат</p>
		ОПК-1.3	Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности	<p>Знать: приемы анализа поставленной задачи исследований в области физики излучения, а также физики оптических явлений в атомах, молекулах, твердых телах (полупроводниках и металлах), наносистемах.</p> <p>Уметь: применять общеинженерные знания при решении задач в области физики излучения, а также физики оптических явлений в атомах, молекулах, твердых телах (полупроводниках и металлах), наносистемах</p> <p>Владеть: : навыками участия в коллективных обсуждениях, дискуссиях, касающихся оптических явлений, законов, приборов и устройств, используя собственные накопленные теоретические знания и практический опыт</p>
ОПК-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики измерений в системах и устройствах фотоники и оптоинформатики	ОПК-3.1	Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений	<p>Знать: фундаментальные основы физики оптических явлений, количественные характеристики, схемы наблюдения оптических эффектов и областей их применения; принципы работы и характеристики важнейших оптических элементов, узлов и приборов, включающих источники и приемники излучения, поляризационные и светоделительные устройства, фильтры и компенсаторы, спектральные приборы и интерферометры, оптические измерительные устройства</p> <p>Уметь: объяснять закономерности и причины появления, развития оптических явлений, эффектов и процессов, анализировать условия их наблюдения и регистрации; пояснять принципы работы и конструкции важнейших оптических элементов, устройств и приборов, а также сравнить их параметров и предельных характеристик; анализировать возможности элементной базы для организации экспериментальных исследований, выполняемых оптическими методами, составлять план проведения эксперимента, разрабатывать методику измерений регистрируемых физических величин</p> <p>Владеть: навыками обоснования постановки</p>

				цели, задач и выбора методики проведения эксперимента оптическими методами, а также выбора подходов к решению теоретических и расчетных задач по отдельным разделам оптики; навыками работы с важнейшими оптическими элементами, узлами и приборами, собирать, настраивать и юстировать оптические элементы, узлы и устройства, работающие в измерительных схемах, при проведении экспериментальных исследований различными оптико-физическими и спектральными методами
		ОПК-3.2	Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	<p>Знать: методики проведения экспериментальных исследований и выполнения количественной обработки данных, с использованием современных расчетно-графических пакетов компьютерных программ, и основ анализа результатов эксперимента</p> <p>Уметь: самостоятельно анализировать поставленные задачи в области физики излучения, а также физики оптических явлений в атомах, молекулах, твердых телах (полупроводниках и металлах), наносистемах</p> <p>Владеть: навыками выполнять количественную обработку результатов измерений, расчет погрешностей, и применять математические критерии для оценки результатов эксперимента; анализировать и объяснять результаты эксперимента, выбирать наиболее эффективные способы представления результатов экспериментальных исследований</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) — 8/288.

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) зачет с оценкой, экзамен

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			4 семестр	5 семестр
Аудиторные занятия		134	50	84
в том числе:	лекции	34	34	34
	практические	16	16	16
	лабораторные	34	0	34
Самостоятельная работа		118	58	60
в том числе: курсовая работа (проект)		+	-	+
Форма промежуточной аттестации (экзамен - час.)		36	0	36
Итого:		288	108	180

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела	Содержание раздела дисциплины	Реализация
-----	----------------------	-------------------------------	------------

	дисциплины		раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекционные занятия</b>			
1	Введение	<i>Введение. Предмет и задачи курса, его связь с курсами «Оптика», «Электродинамика», «Квантовая теория».</i>	Онлайн-курс «Б1.О.25 Оптическая физика»
2	Основы металлооптики и кристаллооптики	<i>Феноменологическое описание взаимодействия электромагнитных волн с телами. Распространение поперечных электромагнитных волн в веществе. Затухание электромагнитной волны в проводящих телах. Скин-эффект. Поглощение света ансамблем осцилляторов. Закон Бугера. Фазовая и групповая скорости света в среде. Неоднородный ансамбль осцилляторов. Эффективный комплексный показатель преломления. Общий вид плоской волны в телах с комплексным показателем преломления. Взаимодействие электромагнитных волн с телами в области их прозрачности. Полное внутреннее отражение и эванесцентные поля. Рассеяние света. Дублет Мандельштама-Бриллюэна. Комбинационное рассеяние света. Элементы кристаллооптики. Взаимодействие электромагнитных волн с телами в области решеточного поглощения. Выражение Лиддейна-Закса-Теллера. Поляритоны. Электромагнитные волны на поверхности тел. Дисперсионные соотношения для поверхностных электромагнитных волн. Экспериментальное обнаружение поверхностных электромагнитных волн. Объемные и поверхностные плазмоны. Отрицательное преломление в среде. Метаматериалы. Правые и левые среды. Композиты с отрицательным преломлением. Суперлинза Пендри. Бианизотропные среды.</i>	
3	Начала физики излучения	<i>Классическая теория излучения. Излучение гармонически колеблющегося диполя. Ближняя и дальняя зона. Полная мощность излучения диполя. Потенциалы электромагнитного поля. Излучение квадруполь. Интенсивность, поляризация, диаграмма направленности излучения. Радиационное затухание. Статистика излучения независимых осцилляторов. Спектр излучения. Естественная ширина линии излучения. Механизмы уширения спектральной линии. Доплеровская ширина спектральной линии. Ударная и статистическая теории уширения. Штарковское расширение линии. Контур линии поглощения и излучения. Квантовая природа излучения. Спонтанные и вынужденные переходы. Свойства лазерного излучения. Прохождение через среду коротких импульсов. Гармонический осциллятор в поле электромагнитного импульса. Релаксация энергии и дефазировка. Многофотонные фазовые явления. Эффект Ханбери Брауна–Твисса. Интерферометр интенсивности.</i>	
4	Нелинейные оптические явления	<i>Нелинейные эффекты при распространении света в среде. Исходные понятия нелинейной оптики. Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений. Понятие о нелинейных восприимчивостях. Виды нелинейных материалов. Классификация нелинейных эффектов в оптике. Необходимое и достаточное условия наблюдения нелинейных эффектов. Волновой (фазовый) синхронизм. Волновое уравнение для электромагнитного поля в нелинейной среде. Взаимодействие интенсивного оптического излучения</i>	

		<p>с веществом. Модели взаимодействия светового поля с веществом. Классическая линейная модель. Модели ангармонического осциллятора. Квантовая модель взаимодействия. Градиентные макромодели. Начала теории многофотонных процессов и оценка их вероятности. Оптический пробой среды. Физические процессы, сопровождающие оптический пробой. Нелинейная рефракция. Виды самовоздействий световых волн. Тепловая динамическая линза. Вынужденное комбинационное рассеяние и рассеяние Мандельштама – Бриллюэна и их применение.</p>
5	<p>Взаимодействие оптического излучения с атомами и молекулами</p>	<p>Особенности взаимодействия атомов и молекул с лазерными импульсами. Взаимодействие излучения с веществом. Описание в рамках принципа соответствия. Двухуровневая система в поле теплового излучения. Полуклассическая теория Бора. Спектроскопический принцип соответствия и сила осциллятора. Классический вывод выражений для коэффициентов Эйнштейна. Спектральная форма линии атомного перехода. Сечение радиационного перехода. Введение в квантовую теорию атома Теория возмущений. Фотопроцессы в монохроматическом поле. Двухуровневая система в резонансном поле. Фотовозбуждение вещества ультракороткими электромагнитными импульсами. Излучательные процессы при связанно-свободных переходах. Фотоионизация атомов и фотоотрыв в сильном лазерном поле. Оптические переходы в молекуле. Различные типы оптических переходов в двух- и многоатомных молекулах. Электронно-колебательно-вращательные, колебательно-вращательные и вращательные спектры. Люминесценция молекул.</p>
6	<p>Оптическая физика полупроводников</p>	<p>Объемные полупроводниковые кристаллы. Сведения о зонной структуре важнейших полупроводниковых кристаллов. Энергетические зоны. Носители заряда. Концентрации электронов и дырок. Взаимодействие излучения с кристаллами. Кристаллы с прямым и непрямым межзонным переходом. Межзонные оптические переходы без учета экситонного эффекта. Правила отбора для оптических переходов зона-зона и коэффициент поглощения. Прямой разрешенный переход. Прямой запрещенный переход. Непрямой переход. Экситонные возбуждения в кристаллах — общие представления. Экситон большого радиуса в полупроводниковом кристалле (экситон Ванье–Мотта). Параметры экситонов большого радиуса. Эффективная диэлектрическая проницаемость. Уровни энергии и спектр поглощения экситона. Спектры поглощения экситона в полупроводниковых кристаллах. Кубические кристаллы. Анизотропные кристаллы. Межзонные оптические переходы с учетом экситонного эффекта (оптическое возбуждение экситонов). Генерация, рекомбинация и инжекция носителей заряда. Люминесценция полупроводников. Механизмы излучательной рекомбинации. Горячая люминесценция экситонов. Связывание экситонов на примесях. Типы экситонно-примесных комплексов и их параметры. Свойства экситонов в приповерхностном слое кристалла. Гетеропереходы.</p>
7	<p>Начала оптической физики полупроводниковых систем пониженной размерности</p>	<p>Полупроводниковые системы с пониженной размерностью. Квантово-механическая модель одномерной потенциальной ямы бесконечной и конечной глубины. Двумерные системы с квантовыми ямами и сверхрешетки. Электронные волновые функции, плотность состояний и энергетические уровни 2D-системы. Экситонные состояния в двумерных квантовых ямах. Одномерные системы 1D — квантовые нити (квантовые проволоки).</p>

		Нульмерные квантовые системы 0D — квантовые точки. Оптическое поглощение и люминесценция в полупроводниковых системах пониженной размерности.	
<b>2. Практические занятия</b>			
1	Начала физики излучения	Электромагнитные волны на поверхности тел. Дисперсионные соотношения для поверхностных электромагнитных волн.	Онлайн-курс «Б1.О.25 Оптическая физика»
2	Взаимодействие оптического излучения с атомами и молекулами	Оптические переходы в атомах. Оптические переходы в молекулах.	
3	Начала оптической физики полупроводниковых систем пониженной размерности	Оптическое поглощение и люминесценция в полупроводниковых системах пониженной размерности.	
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
1	Оптическая физика полупроводников	Спектры поглощения полупроводников. Спектры люминесценции полупроводников	
2	Начала оптической физики полупроводниковых систем пониженной размерности	Оптическое поглощение и люминесценция квантовых точек.	

### 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	Контроль	
1	Введение	2			10		12
2	Основы металлооптики и кристаллооптики	12			24	6	42
3	Начала физики излучения	8	16		14	6	44
4	Нелинейные оптические явления	6			10	6	22
5	Взаимодействие оптического излучения с атомами и молекулами	12	8		12	6	38
6	Оптическая физика полупроводников	16		16	14	6	52
7	Начала оптической физики полупроводниковых систем пониженной размерности	12	8	18	16	6	60
	Итого:	68	32	34	118	36	288

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

Основными этапами освоения дисциплины "Оптическая физика" являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации<sup>4</sup>
- 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 – электронную среду 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:

№ п/п	Источник
1.	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: <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>
2.	Астапенко, В.А. Взаимодействие излучения с атомами и наночастицами / В.А. Астапенко. — Долгопрудный : Интеллект, 2010. — 492 с.
3.	Астапенко, В.А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы / В.А. Астапенко. — Долгопрудный : Интеллект, 2012. — 583 с.
4.	Климов, В.В. Наноплазмоника / В.В. Климов. - М. : Физматлит, 2010. - 479 с. - ISBN 978-5-9221-1205-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=69490">https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=69490</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Астапенко, В.А. Элементарные процессы в лазерной плазме : монография / В.А. Астапенко, П.А. Головинский, Е.М. Михайлов. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2013. — 432 с.
6.	Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия / М. А. Ельяшевич ; предисл. Л. А. Грибова. — Изд. 4-е, стер. — М. : URSS : КомКнига, 2007. — 527 с
7.	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.
8.	Ермолаев О.П. Взаимодействие излучений с твердым телом и принципы их регистрации : курс лекций : [учебное пособие] / О.П. Ермолаев, П.В. Кучинский. — Минск : БГУ, 2004. — 135 с.
9.	Федоров Ф. И. Оптика анизотропных сред. — Минск: Из-во АН БССР, 1958; 2-е изд. М.: УРСС, 2004.
10.	Ахманов, С.А. Физическая оптика : Учебник для вузов по направлению и специальности "Физика" / С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1998. — 655 с.
11.	Стрэтт, Дж.В. (лорд Рэлей). Волновая теория света / Дж.В. Стрэтт (лорд Рэлей). Едиториал УРСС, 2010 г.
12.	Трофимова Т.И. Основы физики. Книга 4. Волновая и квантовая оптика / Т.И. Трофимова. - М. Высшая школа. 2007г. – 215 с.
13.	Сечкарев, А.В. Фотонная оптика / А. В. Сечкарев. — СПб. : С.-Петербург.гос.ин-т точной механики и оптики, 2000. — 217,[2]с.
14.	Константинова, А.Ф. Оптические свойства кристаллов / А.Ф. Константинова [и др.]. Минск. Наука и техника. 1995г. - 302 с.
15.	Лебедева, В.В. Экспериментальная оптика: Учеб. для студ.вузов, обуч. по спец.и направлению "Физика" / В.В. Лебедева. М.Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. 2005г. - 282с.
16.	Борн, М. Основы оптики / М. Борн, Э. Вольф. - М. : Наука, 1978. - 719 с.
17.	Соколов, А.В. Оптические свойства металлов / А.В. Соколов. - М. : Физматгиз, 1961. – 464 с.
18.	Киреев, П.С. Физика полупроводников / П.С. Киреев. – М. : Высш. шк., 1969. – 590 с.
19.	Пуле, А. Колебательные спектры и симметрии кристаллов / А. Пуле, Ж.-П. Матье. - М. : Мир, 1973. – 437 с.
20.	Борн, М. Динамическая теория кристаллических решеток / М. Борн, К. Хуан. – М. : Изд-во иностр. лит., 1958. - 488 с.
21.	Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников / А.И. Ансельм. – М.; -Л. : Физматгиз, 1962. – 418 с.
22.	Поверхностные поляритоны. Электромагнитные волны на поверхностях и границах раздела сред / под ред. В.М. Аграновича, Д.Л. Миллса. - М. : Наука, 1985. - 525 с.
23.	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : В 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003-. Т.8: Электродинамика сплошных сред : Учебное пособие для студ. физических специальностей ун-тов / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; Под ред. Л.П. Питаевского. — 4-е изд., стер. — 2003. — 651 с.
24.	Королев, Ф.А. Теоретическая оптика / Ф.А. Королёв. - М. : Высшая шк., 1966. – 555 с.



25.	Либенсон, М.Н. Световая волна бежит вдоль поверхности / М.Н. Либенсон // Природа. – 1996. - № 9. – С.14-22.
26.	Дмитриев, В.Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. — М. : Физматлит, 2003. — 256 с.
27.	Желтиков, А.М. Сверхкороткие импульсы и методы нелинейной оптики / А.М. Желтиков. — М. : Физматлит, 2006. — 294 с.
28.	Воробьев, Л.Е. Оптические свойства наноструктур : Учеб. пособие для студ.вузов, обуч. по направлению "Техн. физика" / Л. Е. Воробьев, Е. Л. Ивченко, Д. А. Фирсов, В. А. Шалыгин; Под общ. ред. В. И. Ильина, А. Я. Шика. — СПб. : Наука, 2001. — 186 с.
29.	Овчинников, О.В. Основы оптики и спектроскопии квантовых точек : учебно-методическое пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т ; [сост. : О.В. Овчинникови др.] .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. — 80 с.

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>

## 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?lnit+lib.xml,simple.xsl+rus">http://www.lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?lnit+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	Овчинников, О.В. Основы оптики и спектроскопии квантовых точек : учебно-методическое пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т ; [сост. : О.В. Овчинникови др.] .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. — 80 с.

## 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, курсовая работа. 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 - семинар. 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.

Оптический стол, Учебный волоконно-оптический спектрально-люминесцентный комплекс (Ocean optics), Набор механико-оптических деталей и блоков в составе: 14BCX150-1-1 двояковыпуклая линза; 14CX50-20-1 двояковыпуклая линза; 14 RAP-1-0-2 прямоугольная призма; 8MR190-2-28 моторизованная платформа; 8MT50-100BS1-Men1 моторизованный линейный транслятор; 8SMC-USB-B9-1 контроллер двигателей; PUP120-17 Блок питания. Программное обеспечение: DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) – сублицензионный договор №3010-15/1204-15 от 25 декабря 2015г.; Wien2k Registration-ID: WIEN2k-1219; Gaussian 09 Rev D.01, S/N FA7355682010; Gauss View, S/N FA7139344060.

Пакет русскоязычного ПО для управления спектрометром Tensor 37 (Bruker Optics) анализа и обработки данных, Договор № 0331100013513000023 от 12.03.2013 г. Пакет ПО для управления спектрофотометром USB 2000+ (OceanOptics), для анализа и обработки данных, Договор №0331100013513000022 от 26.03.2013 г.

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	Введение	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным занятиям, индивидуальные задания, опрос
2	Основы металлооптики и кристаллооптики	ОПК-1	ОПК-1.1	Типовые задания к лекционным занятиям, индивидуальные задания, опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
3	<i>Начала физики излучения</i>	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.3	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
4	<i>Нелинейные оптические явления</i>	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.1 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2	Типовые задания к лекционным занятиям, индивидуальные задания, опрос
5	<i>Взаимодействие оптического излучения с атомами и молекулами</i>	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.1 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
6	<i>Оптическая физика полупроводников</i>	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.1 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2	Типовые задания к лекционным и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
7	<i>Начала оптической физики полупроводниковых систем пониженной размерности</i>	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.1 ОПК-1.3 ОПК-3.1 ОПК-3.2	Типовые задания к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос, отчеты по лабораторным работам
Промежуточные аттестации форма контроля - <i>зачет с оценкой, экзамен</i>				Комплекты КИМ1 и КИМ2

## 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:

- *Электромагнитные волны на поверхности тел.*
- *Дисперсионные соотношения для поверхностных электромагнитных волн.*
- *Оптические переходы в атомах.*

- *Оптические переходы в молекулах.*
- *Оптическое поглощение и люминесценция в полупроводниковых системах пониженной размерности.*

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

### 3. Выполнение лабораторных работ

Примерный перечень лабораторных работ:

- *Спектры поглощения полупроводников. Спектры люминесценции полупроводников*
- *Оптическое поглощение и люминесценция квантовых точек.*

Лабораторные работы выполняются на занятиях. 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.

#### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если задание выполнено и дан правильный ответ 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 КИМ1:**

1. *Нелинейные эффекты при распространении света в среде. Исходные понятия нелинейной оптики.*
2. *Вынужденное комбинационное рассеяние и рассеяние Мандельштама – Бриллюэна и их применение.*
3. *Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений.*
4. *Особенности взаимодействия атомов и молекул с лазерными импульсами.*
5. *Понятие о нелинейных восприимчивостях.*
6. *Оптический пробой среды. Физические процессы, сопровождающие оптический пробой.*
7. *Виды нелинейных материалов.*
8. *Взаимодействие излучения с веществом: Описание в рамках принципа соответствия*
9. *Виды нелинейных материалов. Классификация нелинейных эффектов в оптике. Необходимое и достаточное условия наблюдения нелинейных эффектов.*
10. *Оптические переходы в молекуле. Различные типы оптических переходов в двух- и многоатомных молекулах. Электронно–колебательно-вращательные, колебательно-вращательные и вращательные спектры.*
11. *Волновой (фазовый) синхронизм.*
12. *Нелинейная рефракция. Виды самовоздействий световых волн. Тепловая динамическая линза.*
13. *Волновое уравнение для электромагнитного поля в нелинейной среде.*
14. *Полуклассическая теория Бора. Спектроскопический принцип соответствия и сила осциллятора. Классический вывод выражений для коэффициентов Эйнштейна.*
15. *Модели взаимодействия светового поля с веществом. Классическая линейная модель. Модели ангармонического осциллятора.*
16. *Спектральная форма линии атомного перехода. Сечение радиационного перехода. Введение в квантовую теорию атома Теория возмущений Фотопроцессы в монохроматическом поле*
17. *Модели взаимодействия светового поля с веществом. Квантовая модель взаимодействия.*
18. *Двухуровневая система в поле теплового излучения. Двухуровневая система в резонансном поле. Фотовозбуждение вещества ультракороткими электромагнитными импульсами.*
19. *Начала теории многофотонных процессов и оценка их вероятности.*
20. *Излучательные процессы при связанно-свободных переходах. Фотоионизация атомов и фотоотрыв в сильном лазерном поле.*

## Перечень вопросов к КИМ2

1. Объемные полупроводниковые кристаллы.
2. Двумерные системы с квантовыми ямами и сверхрешетки. Электронные волновые функции, плотность состояний и энергетические уровни 2D-системы. Экситонные состояния в двумерных квантовых ямах.
3. Сведения о зонной структуре важнейших полупроводниковых кристаллов.
4. Полупроводниковые системы с пониженной размерностью. Квантово-механическая модель одномерной потенциальной ямы бесконечной и конечной глубины.
5. Носители заряда. Концентрации электронов и дырок.
6. Горячая люминесценция экситонов. Связывание экситонов на примесях. Типы экситонно-примесных комплексов и их параметры. Свойства экситонов в приповерхностном слое кристалла.
7. Носители заряда. Концентрации электронов и дырок.
8. Распространение света в свободном пространстве. Пространственные гармоники и плоские волны. Передаточная функция свободного пространства.
9. Взаимодействие излучения с кристаллами.
10. Генерация, рекомбинация и инжекция носителей заряда. Люминесценция полупроводников. Механизмы излучательной рекомбинации.
11. Кристаллы с прямым и непрямым межзонным переходом. Межзонные оптические переходы без учета экситонного эффекта.
12. Эффективная диэлектрическая проницаемость. Уровни энергии и спектр поглощения экситона.
13. Правила отбора для оптических переходов зона-зона и коэффициент поглощения. Прямой разрешенный переход. Прямой запрещенный переход. Непрямой переход.
14. Одномерные системы 1D — квантовые нити (квантовые проволоки).
15. Экситонные возбуждения в кристаллах — общие представления. Экситон большого радиуса в полупроводниковом кристалле (экситон Ванье–Мотта). Параметры экситонов большого радиуса.
16. Нульмерные квантовые системы 0D — квантовые точки. Оптическое поглощение и люминесценция.

## Примерные темы курсовых работ

1. Анизотропные кристаллы.
2. Генерация, рекомбинация и инжекция носителей заряда.
3. Люминесценция полупроводников. Механизмы излучательной рекомбинации.
4. Горячая люминесценция.
5. \_\_\_\_\_ Типы экситонно-примесных комплексов и их параметры. Свойства экситонов в приповерхностном слое кристалла.
6. Гетеропереходы.
7. Двумерные системы с квантовыми ямами и сверхрешетки.
8. Коллоидные квантовые точки в биофотонике.
9. Коллоидные квантовые точки в фотовольтаике.
10. Коллоидные квантовые точки в фотокатализе.

Описание технологии проведения промежуточных аттестаций.

Промежуточные аттестации по дисциплине – оценки. В приложение к диплому вносится оценка.

Зачет с оценкой и экзамен проводятся 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 «Оптическая физика» 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 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 оптической физики</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>