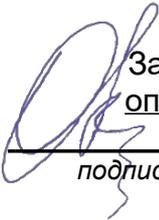


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

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

24.06.2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.05.01 Оптическая спектроскопия твердого тела  
Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:

03.03.02– Физика

2. Профиль подготовки / специализация/магистерская программа:

Физика лазерных и спектральных технологий

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Клюев Виктор Григорьевич, д.ф.м.н, профессор.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Максимычев Александр Витальевич,  
д. ф. -м. н., профессор, заведующий кафедрой общей физики МФТИ

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 23.06.22 г. протокол № 6  
(наименование recommending structure, date, protocol number)

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: познакомить студентов, обучающихся по профилю "Физика лазерных и спектральных технологий", с процессами взаимодействия электромагнитного излучения с конденсированными средами, которое вызывает возбуждение этих сред.

### Задачи учебной дисциплины:

- обеспечить умение применять, знания, полученные при изучении базовых физических дисциплин - "Электродинамика", "Атомная физика", "Физика конденсированного состояния" при рассмотрении взаимодействия актиничного излучения с твердыми телами, обобщить знания, полученные в ходе изучения специальных дисциплин по профилю "Физика лазерных и спектральных технологий".

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

## 11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-4	Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов	ПК-4.1	Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов	<b>Знать:</b> теоретические основы физики твердого тела и спектроскопии кристаллов. <b>Уметь:</b> применять методы спектрального анализа для изучения оптических свойств твердых тел. <b>Владеть:</b> методами анализа электронных и колебательных спектров поглощения кристаллов
ПК-5	Способен проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства приборов и исследование параметров наноструктурных материалов спектральными методами	ПК-5.1 ПК-5.2	Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов Разрабатывает программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов	

		ПК-5.3	Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов	
--	--	--------	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 2 / 108.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) экзамен.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 8
Аудиторные занятия		36	36
в том числе:	лекции	12	12
	практические		
	лабораторные	24	24
Самостоятельная работа		36	36
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации экзамен		36	36
Итого:		108	108

### 13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	<i>Введение. Уравнение Шредингера для кристалла.</i>	<i>Основные сведения из теории твердого тела. Адиабатическое приближение. Приближение Хартри-</i>
2	<i>Поглощение свободными носителями заряда.</i>	<i>Материальная система уравнений Максвелла. Коэффициент поглощения</i>
3	<i>Экситоны</i>	<i>Водородоподобная модель экситона.</i>
4	<i>Собственное поглощение.</i>	<i>Вероятность переходов. Прямые, не прямые, разрешенные, запрещенные</i>

5	Поглощение локализованными электронами.	Коэффициент поглощения электрона в локализованном состоянии.
6	Поглощение света решеткой.	Колебания решетки. Фононы. Нормальные координаты. Акустические и оптические колебания
7	Колебательная структура спектров (Лабораторная работа)	Элементарная теория колебательной структуры спектров примесных центров кристаллов. Потенциальные кривые. Принцип Франка-

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Введение. Уравнение Шредингера для кристалла.	2			2	4
2	Поглощение свободными носителями заряда.	4		8	4	16
3	Экситоны	2			2	4
4	Собственное поглощение.	4		6	4	14
5	Поглощение локализованными электронами.	4		6	5	15
6	Поглощение света решеткой.	4			2	6
7	Колебательная структура спектров. (Лабораторная работа)	4		4	5	13
	Итого	24		24	24	72

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 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 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. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

(список оформляется в соответствии с требованиями ГОС и ФГОС, используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Киреев, С. В. <i>Современные методы оптической спектроскопии технологических сред : учебное пособие для вузов</i> / С. В. Киреев, С. Л. Шнырев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 147 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-11020-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/442568">https://urait.ru/bcode/442568</a>
2	Фомин, Д.В. <i>Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие : [16+] / Д.В. Фомин. — Изд. 2-е, стер. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. — 187 с. : ил., схем., табл. — Режим доступа: по подписке. — URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575229">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575229</a></i>
3	А.В. Иванов ; Университет ИТМО. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. — Ч. 2. — 135 с. : ил., табл., схем. — Режим доступа: по подписке. — URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566772">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566772</a>

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Киреев П.С. <i>Физика полупроводников</i> / П.С. Киреев. — М. : Высш. шк., 1969. — 590 с.
5	Панков Ж. <i>Оптические процессы в полупроводниках</i> / Ж. Панков. — Москва.: Мир, 1973. — 456 с.
6	<i>Физика соединений A<sup>III</sup> B<sup>V</sup></i> /Под.ред. Георгобиани А.Н., Шейнкмана И.К.- М.: Мир, 1989. — 320 с.
7	Блейкмор Дж. <i>Физика твердого тела</i> / Дж. Блейкмор. — Москва.: Мир, 1988. — 606 с.
8	Грибковский В.П. <i>Теория поглощения и испускания света в полупроводниках</i> / В.П. Грибковский. — Минск.: Наука и техника, 1975. — 463 с.
9	Галанин М.Д. <i>Люминесценция молекул и кристаллов</i> / М.Д. Галанин. — Москва.: Мир, 1999. — 199 с.
10	<i>Взаимодействие электромагнитных волн с веществом : учебное пособие</i> / А.Н. Латышев, В.Н. Селиванов ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2005. — 106 с.

### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Поисковая система e-library.ru
2	Поисковая система google.ru
3	Архив научных журналов <a href="http://arch.neicon.ru/">http://arch.neicon.ru/</a>
4	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a>
6	ЭБС "Издательства "Лань" <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
7	ЭБС "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru">https://biblioclub.lib.vsu.ru</a>
8	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a>
9	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ
10	Виртуальная обучающая среда Moodle < <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> >

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

№ п/п	Источник
1.	Электронный курс для дистанционного обучения «Оптическая спектроскопия твердого тела»: < < <a href="https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4708">https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4708</a> >
2.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в бакалавриате по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4-го курса направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, Л.В. Титова ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019.

3.	Оптические методы исследования вещества [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие к специальному лабораторному практикуму: [для проведения специального физ. практикума студентам 4 к. д/о физ. фак. каф. оптики и спектроскопии Воронеж. гос. ун-та]: [для специальности 010701 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т; [сост.: Т.В. Волошина и др.]. - Электрон. текстовые дан. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2010. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-145.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-145.pdf</a> >
4.	Учебно-методическое пособие к специальному лабораторному практикуму [Электронный ресурс]: [для студентов 4 курса днев. отд-ния физ. фак. Воронеж. гос. ун-та, для специальности 010701 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т; [сост.: О.В. Овчинников и др.]. - Электрон. текстовые и граф. дан. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2010. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-72.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-72.pdf</a> >.

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические 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 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.

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.

1.	Пакет офисных программ LibreOffice ( <a href="https://ru.libreoffice.org/">https://ru.libreoffice.org/</a> )
2.	Программное обеспечение ПЗС-линейки CCD Tool
3.	Программное обеспечение спектрометра USB-2000+ SpectraSuite
4.	система компьютерной алгебры Maxima ( <a href="http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html">http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html</a> )
5.	средство построения графиков Gnuplot ( <a href="http://www.gnuplot.info/">http://www.gnuplot.info/</a> ); система

6.	компьютерной верстки LaTeX ( <a href="https://www.latex-project.org/">https://www.latex-project.org/</a> )
----	--

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: ноутбук, мультимедиа-проектор, экран.

Учебно-научная лаборатория для проведения лабораторных занятий: волоконно-оптический спектральный комплекс фирмы Ocean Optics на базе спектрометра USB-2000+XR1 с источником излучения USB-DT, и набором зондов для измерения диффузного ISP-80-8-R и зеркального отражения RSS-VA и люминесценции R400-7-SR, пропускания и люминесценции жидких и твёрдых образцов CUV-VAR и CUV-ALL-UV.

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)

### 19. Фонд оценочных средств:

#### 19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ПК-4.1. Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов	<p><b>Знать:</b> теоретические основы физики твердого тела и спектроскопии кристаллов.</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы спектрального анализа для изучения оптических свойств твердых тел.</p> <p><b>Владеть:</b> методами анализа электронных и колебательных спектров поглощения кристаллов</p>	<p>Этапы 1-7</p> <p>Введение. Уравнение Шредингера для кристалла.</p> <p>Поглощение свободными носителями заряда.</p> <p>Экситоны</p> <p>Собственное поглощение.</p> <p>Поглощение локализованными электронами.</p> <p>Поглощение света решеткой.</p> <p>Колебательная структура спектров (Лабораторная работа)</p>	Устный опрос. Отчет по лабораторной работе
ПК-5.1 Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов			
ПК-5.2 Разрабатывает программы проведения			

экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов  ПК-5.3 Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов			
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>			КИМ

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) владение методами оптической спектроскопии твердого тела.

### ***Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.***

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение всех лекционных занятий. Выполнение лабораторных работ. Полный ответ на КИМ. Правильные ответы на дополнительные вопросы. Выполнение всех рефератов и самостоятельных индивидуальных заданий.</i>	<i>повышенный уровень</i>	<i>отлично</i>
<i>Пропуски занятий. Выполнение лабораторных работ. Полный ответ на КИМ. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов. Выполнение всех рефератов и самостоятельных заданий.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>хорошо</i>
<i>Пропуски занятий. Неполный ответ на КИМ. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов. Выполнение всех рефератов и самостоятельных заданий.</i>	<i>пороговый уровень</i>	<i>удовлетворительно</i>

Пропуски большинства практических занятий. Неправильный ответ на КИМ. Отсутствие ответов на большинство дополнительных вопросов. Выполнение не всех рефератов и самостоятельных заданий	–	неудовлетворительно
---	---	---------------------

**19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**19.3.1 Перечень вопросов к зачету:**

- Основные сведения из теории твердого тела. Адиабатическое приближение.
- Вероятность переходов. Прямые, не прямые переходы.
- Основные сведения из теории твердого тела. Приближение Хартри-Фока.
- Вероятность переходов. Разрешенные, запрещенные переходы.
- Материальная система уравнений Максвелла.
- Коэффициент поглощения электрона в локализованном состоянии.
- Коэффициент поглощения твердого тела.
- Акустические и оптические колебания решетки.
- Водородоподобная модель экситона.
- Элементарная теория колебательной структуры спектров примесных центров кристаллов.

**19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

*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, фронтальная беседа); оценки результатов практической деятельности (выполнение лабораторных работ). Критерии оценивания приведены выше.*

*Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.*

*Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.*

*При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.*

Составители:

Клюев Виктор Григорьевич,  
доктор физико-математических наук, профессор




Максимычев Александр Витальевич,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой общей физики МФТИ

---

*Программа рекомендована НМС физического факультета  
(наименование факультета, структурного подразделения)  
протокол от 23.06.2022 № 6*