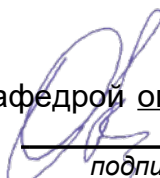


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

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

24.06.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08 Люминесценция

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 – Физика

2. Профиль подготовки /специализации/ магистерская программа:

Физика лазерных и спектральных технологий

3. Квалификация (степень) выпускника:

Высшее образование (бакалавр)

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Леонова Лиана Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 23.06.22 г. протокол № 6

(наименование recommending структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2025 / 2026

Семестр(-ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: изучение одного из важнейших методов оптической спектроскопии - люминесцентного анализа вещества. В результате изучения данного курса у студентов, обучающихся по профилю «Физика лазерных и спектральных технологий», должны сформироваться ясные представления о центральных проблемах современной теории люминесценции, об основных методах возбуждения и исследования люминесценции кристаллов.

Задачи учебной дисциплины:

- показать место и роль люминесценции в современной теории твердого тела;
- рассмотреть влияние электронного строения кристаллического вещества на его люминесцентные свойства;
- овладеть знаниями о физических процессах, происходящих при рекомбинационном свечении,
- изучить возможности и достижения современного люминесцентного анализа.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В), блок Б1.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен оценивать параметры излучающих элементов приборов квантовой электроники и фотоники	ПК-3.4	Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	Знать: возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий Уметь: осуществлять подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов
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	Владеть: навыками оценивания параметров излучающих элементов приборов квантовой электроники и фотоники, а также навыками создания баз данных о физических и технологических особенностях наноструктурных материалов

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным

планом) — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачёт с оценкой.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 8
Аудиторные занятия		36	36
в том числе:	лекции	24	24
	практические		
	лабораторные	24	24
Самостоятельная работа		48	48
Групповые консультации		12	12
Форма промежуточной аттестации Зачёт с оценкой			
Итого:		108	108

14. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
01	Введение. Электронные переходы в кристаллах. Элементарная теория примесных состояний	Электронные переходы. Твердые растворы внедрения, замещения. Вакансии. Элементарная теория примесных состояний.
02	Виды люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции	Классификация различных типов вторичного свечения. Определение люминесценции. Виды люминесценции. Спектры возбуждения люминесценции. Спектры люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции. Закон Стокса-Ломмеля.
03	Энергетические характеристики люминесценции	Квантовый и энергетический выход люминесценции. Закон С.И.Вавилова об энергетическом выходе люминесценции. Сенситивизированная антистоксова люминесценция.
04	Процессы генерации носителей заряда. Процессы рекомбинации носителей заряда. Механизмы рекомбинации.	Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах. Степень заполнения примесных уровней. Равновесные и неравновесные носители заряда. Принцип детального равновесия. Соотношение Ван Русбрека-Шокли. Биполярная оптическая генерация носителей заряда. Монополярная оптическая генерация носителей заряда. Возбуждение

05	Виды излучательной рекомбинации кристаллов	Классификация типов и видов рекомбинационных процессов. Механизмы излучательной рекомбинации. Модели люминесценции Шена, Ламбе-Клика и Вильямса-Пренера. Межзонная излучательная рекомбинация. Прямые и не прямые излучательные переходы. Экситонная рекомбинация носителей заряда через ловушки. Излучательные переходы между зоной и примесным уровнем. Мелкие и глубокие переходы. Межпримесная излучательная рекомбинация на донорно-акцепторных парах.
06	Кинетика люминесценции кристаллофосфоров	Кинетика свечения в кристаллах. Стационарное состояние. Квантовый выход. Законы затухания и законы разгорания.
07	Действие ИК света	Фотостимулированная вспышка люминесценции. Светосумма по разгоранию и затуханию вспышки люминесценции. Определение глубины ловушек.
08	Тушение люминесценции	Обзор различных процессов тушения люминесценции. Внутреннее тушение. Внешнее тушение. Тушение 1-го порядка. Тушение 2-го порядка.
09	Исследование спектров люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 1)	Выбор условий проведения люминесцентных исследований. Описание спектра стационарной люминесценции. Ошибки измерений. Современные методы исследования стационарной люминесценции и кинетики люминесценции. Спектральная аппаратура, источники излучения, светофильтры, монохроматоры, приемники излучения. Калибровка и коррекция люминесцентных измерений. Автоматизация и стандартизация люминесцентных измерений.
10	Исследование фотостимулированной вспышки люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 2)	Фотостимулированная вспышка люминесценции (ФСВЛ). Светосумма по разгоранию и затуханию вспышки люминесценции. Определение глубины ловушек. Блок-схема установки для измерения фотостимулированной вспышки люминесценции. Описание и анализ спектра ФСВЛ.

15. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Зачёт с оценкой	Всего
01	Введение. Электронные переходы в кристаллах. Элементарная теория примесных состояний	2				1	3
02	Виды люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции	2				1	3
03	Энергетические характеристики люминесценции	2				1	3
04	Процессы генерации носителей заряда. Процессы рекомбинации носителей заряда. Механизмы рекомбинации.	4				1	5
05	Виды излучательной рекомбинации кристаллов	4				2	6

06	Кинетика люминесценции кристаллофосфоров	4				2	6
07	Действие ИК света	4				2	6
08	Тушение люминесценции	2				2	4
01	Исследование спектров люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 1)			12	24		30
02	Исследование фотостимулированной вспышки люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 2)			12	24		30
	Итого	24		24	48	12	108

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.)

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 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 литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОС и ФГОС, используется общая сквозная нумерация для всех видов литературы)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
-------	----------

1	Агекян, В.Ф. Люминесценция полупроводниковых кристаллов : учебное пособие : [16+] / В.Ф. Агекян, Н.Р. Григорьева ; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. – 156 с. : схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457924 . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-288-05661-1. – Текст : электронный.
2	Гапоненко, Н.В. Основы процессов получения легированных оксидных пленок методами золь-гель-технологии и анодного окисления : учебное пособие : [16+] / Н.В. Гапоненко, Л.П. Милешко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 153 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577757

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Матухин В.Л. Физика твердого тела : учеб. пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. - Москва : Лань, 2010. - 218 с. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=262 >
2.	Стафеев С. К. Основы оптики : / Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. - Москва : Лань", 2013. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32822 >
3.	Шалимова К.В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] : учебник / К.В. Шалимова. - Москва : Лань, 2010. - 390. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648 >
4.	Тимофеев В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур : / Тимофеев В.Б. - Москва : Лань", 2015. - Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области прикладных математики и физики в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Прикладные математика и физика», а также для студентов, обучающихся по другим направлениям и специальностям в области естественных и математических наук, техники и технологии. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56610 >
5.	Люминесцентные методы исследования оптических свойств примесных центров кристаллов: фотостимулированная вспышка люминесценции : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. магистратуры первого года обучения направления 010700-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : О.В. Овчинников, М.С. Смирнов, А.Н. Латышев. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. – 65 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-165.pdf >
6.	Люминесценция кристаллов : учебное пособие для вузов : [для студ. 4 к. дней. отд-ния физ. фак. направления 010700-Физика, специальности 010701-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая, Л.Ю. Леонова. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012. – 80 с.
7.	Галанин М.Д. Люминесценция молекул и кристаллов / М.Д. Галанин. – М. : Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, 1999. – 200 с.
8.	Степанов Б.И. Введение в современную оптику : поглощение и испускание света квантовыми системами / Б.И. Степанов. – Минск. : Наука и техника, 1991. – 479 с
9.	Сердюк В.В. Люминесценция полупроводников / В.В. Сердюк, Ю.Ф. Ваксман. – Киев. : Выща школа, 1988. – 200 с.
10.	Панков Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков. – М. : Мир, 1973. – 456 с.
11.	Фок М.В. Введение в кинетику люминесценции кристаллофосфоров / М.В. Фок. – М. : Наука, 1964. – 283 с.
12.	Агранович В.М. Перенос энергии электронного возбуждения в конденсированных средах / В.М. Агранович, М.М. Галанин. – М. : Наука, 1978. – 273 с.
13.	Антонов-Романовский В.В. Кинетика фотолюминесценции кристаллофосфоров / В.В. Антонов-Романовский. – М. : Наука, 1966. – 324 с.
14.	Кюри Д. Люминесценция кристаллов / Д. Кюри. – М. : Изд-во иностр. лит., 1964. – 199 с.
15.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 392 с.
16.	Гурвич Л.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров / Л.М. Гурвич. – М. : Высш. школа, 1982. – 376 с.
17.	Левшин Л.В. Люминесценция и ее измерения / Л.В. Левшин, А.М. Салецкий. – М. : изд-во МГУ, 1989. – 279 с.
18.	Люминесцентный анализ вещества : Пособие для студентов : Специальность "Физика" (010400) / Воронеж. гос. ун-т, Каф. оптики и спектроскопии; Сост. :Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая. — Воронеж, 2004. — 35 с.
19.	Методические указания по технике получения спектров поглощения и люминесценции / сост. Р.П. Воробьева, Т.А. Олейникова. – Воронеж, 1987. – 32 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

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

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.	Люминесцентные методы исследования оптических свойств примесных центров кристаллов: фотостимулированная вспышка люминесценции : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. магистратуры первого года обучения направления 010700-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : О.В. Овчинников, М.С. Смирнов, А.Н. Латышев. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. – 65 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-165.pdf >
2.	Люминесценция кристаллов : учебное пособие для вузов : [для студ. 4 к. днев. отд-ния физ. фак. направления 010700-Физика, специальности 010701-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая, Л.Ю. Леонова. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012. – 80 с.
3.	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.

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 «MOOC ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

1.	Microsoft Office
2.	Поисковая система e-library.ru
3.	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru

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.

Для проведения лабораторных занятий - спектральные лаборатории кафедры оптики и спектроскопии, оборудованные прецизионным, полностью автоматическим спектрофлуориметром на базе монохроматора МДР-4 и ФЭУ-79, работающим в режиме счета фотонов; прецизионным, полностью автоматическим спектрофлуориметром на базе монохроматора МДР-23 и ФЭУР955Р (Hamamatsu), работающим в режиме счета фотонов.

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

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)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
---	---	---	---------------------------

ПК-3.4 Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	Знать: возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	Введение. Электронные переходы в кристаллах. Элементарная теория примесных состояний Виды люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции Энергетические характеристики люминесценции	Устный опрос. Проверка индивидуальных знаний
ПК-4.1 Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов	Уметь: осуществлять подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов Владеть: навыками оценивания параметров излучающих элементов приборов квантовой электроники и фотоники, а также навыками создания баз данных о физических и технологических особенностях наноструктурных материалов	Процессы генерации носителей заряда. Процессы рекомбинации носителей заряда. Механизмы рекомбинации. Виды излучательной рекомбинации кристаллов Кинетика люминесценции кристаллофосфоров Действие ИК света Тушение люминесценции Исследование спектров люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 1) Исследование фотостимулированной вспышки люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 2)	
Промежуточная аттестация (экзамен)			КИМ

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

Для оценивания результатов обучения на экзамене 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) умение описывать физические основы люминесцентных методов исследования кристаллов.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лабораторных занятий. Правильно и вовремя выполненные индивидуальные задания. Полный ответ на вопросы контрольно-измерительных материалов во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>отлично</i>
<i>Посещение лабораторных занятий. Вовремя выполненные индивидуальные задания без серьезных замечаний. Дан правильный ответ на вопрос контрольно-измерительного материала. Возможны неточности в ответах. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>хорошо</i>
<i>Систематические пропуски занятий без уважительных причин. Не вовремя выполненные индивидуальные задания с замечаниями. Студент не справился с ответом на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена, но может сформулировать и раскрыть физический смысл основных положений курса.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>удовлетворительно</i>
<i>Систематические пропуски занятий без уважительных причин. Невыполненные индивидуальные задания. Неверно сформулированные ответы на основные и дополнительные вопросы контрольно-измерительных материалов во время экзамена.</i>	<i>—</i>	<i>неудовлетворительно</i>

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 экзамену:

1. Электронные переходы.
2. Процессы тушения люминесценции.
3. Элементарная теория примесных состояний.
4. Механизмы излучательной рекомбинации. Модели люминесценции Шена, Ламбе-Клика и Вильямса-Пренера.
5. Классификация различных типов вторичного свечения. Определение люминесценции.
6. Современные методы исследования люминесценции кристаллов.
7. Виды люминесценции.
8. Фотостимулированная вспышка люминесценции.
9. Спектры возбуждения люминесценции. Спектры люминесценции.
10. Определение глубины ловушек в запрещенной зоне кристаллов.
11. Спектральные закономерности люминесценции. Закон Стокса-Ломмеля.
12. Кинетика свечения в кристаллах. Законы затухания люминесценции.
13. Механизмы антистоксовой люминесценции кристаллов.
14. Кинетика свечения в кристаллах. Законы разгорания люминесценции.
15. Процессы генерации носителей заряда.
16. Квантовый выход люминесценции.
17. Соотношение Ван Русбрека-Шокли.
18. Межпримесная излучательная рекомбинация на донорно-акцепторных парах.
19. Биполярная оптическая генерация носителей заряда.
20. Экситонная рекомбинация.

21. Рекомбинация носителей заряда через ловушки.
22. Излучательные переходы между зоной и примесным уровнем.
23. Мелкие и глубокие переходы.
24. Монополярная оптическая генерация носителей заряда.
25. Возбуждение центра свечения. Механизмы переноса энергии.
26. Межзонная излучательная рекомбинация. Прямые и не прямые излучательные переходы.

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.

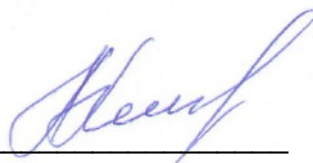
Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

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:

Леонова Лиана Юрьевна,
кандидат физико-математических наук, доцент



Программа рекомендована _____ НМС _____ физического факультета
(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол от 23.06.2022 № 6