

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.07 Методы оптической спектроскопии в нанопотонике

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.02 – Физика

2. Профиль подготовки /специализации/ магистерская программа:

Оптика и нанопотоника

3. Квалификация (степень) выпускника:

Высшее образование (магистр)

4. Форма образования:

очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Овчинников Олег Владимирович,  
доктор физико-математических наук, профессор

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

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*

8. Учебный год: 2022 / 2023, 2023 / 2024

Семестр(-ы): 2, 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональной компетенции студентов физического факультета, обучающихся на по магистерской программе "Оптика и нанофотоника", в области современных методов оптической спектроскопии наноструктур.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать у студентов навыки практического использования основных методов современной спектроскопии для анализа наноструктур;
- получить практические навыки подготовки проб для анализа, записи и интерпретации спектров в рамках каждого метода.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** *Курс относится к вариативной части цикла дисциплин Б1. Является курсом по выбору.*

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен к разработке и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов	ПК-3.3	Планирует проектные и исследовательские работы, проектирует технологический процесс производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов, умеет разрабатывать технологическую документацию, координировать деятельность рабочих групп	знать: основные разделы физики необходимые для решения научно-инновационных задач, и применения результатов научных исследований в инновационной деятельности уметь: решать научно-инновационные задачи, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. владеть: современными способами решения научно-инновационных задач, и уметь применять результаты научных исследований в инновационной деятельности
ПК-4	Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в предметной области квантовой электроники и фотоники	ПК-4.2	Решая различные профессиональные задачи, применяет знания физических принципов работы приборов квантовой электроники и фотоники, базовых технологических процессов и технологического оборудования.	знать: методики работы с исследовательским испытательным оборудованием, приборами и установками в предметной области квантовой электроники и фотоники уметь: профессионально работать с исследовательским испытательным оборудованием, приборами и установками в предметной области квантовой электроники и фотоники владеть: приемами работы с исследовательским испытательным

		ПК-4.3	Согласовывает возможности и порядок использования лабораторного оборудования для исследовательских и экспериментальных работ по анализу материалов и опробованию технологических процессов	оборудованием, приборами и установками в предметной области квантовой электроники и фотоники
--	--	--------	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час - 7/252.**

**Форма промежуточной аттестации: зачет, зачет с оценкой**

### 13 Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			№ 2	№3
Аудиторные занятия		156	96	60
в том числе:	лекции	16	16	
	практические			
	лабораторные	124	80	60
Самостоятельная работа		96	48	48
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации <i>Зачет, зачет с оценкой</i>			зачет	зачет с оценкой
Итого:		252	144	108

#### 13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
01	<i>Введение. Теоретические основы абсорбционной электронной спектроскопии.</i>	<i>Коэффициенты Эйнштейна. Закон Бугера. Техника абсорбционной спектроскопии наноструктур. Одно- и двулучевые спектрофотометры. Устройство и назначение интегрирующей сферы при исследовании дисперсных наноматериалов.</i>
02	<i>Теоретические основы люминесцентной спектроскопии наноматериалов.</i>	<i>Техника люминесцентной спектроскопии. Устройство спектрофлуориметров. Дифракционные и призмные спектральные приборы. Источники возбуждения люминесценции. Время-разрешенные люминесцентные исследования. Особенности люминесцентной спектроскопии наноструктур.</i>
03	<i>Спектроскопия комбинационного рассеяния света.</i>	<i>Устройство современных приборов для исследования комбинационного рассеяния. Методика гигантского комбинационного рассеяния.</i>
04	<i>Инфракрасная спектроскопия</i>	<i>Устройство ИК спектрофотометров. Материалы для ИК оптики. Методика нарушенного полного внутреннего отражения.</i>
05	<i>Спектры поглощения света и фотолюминесценции полупроводниковых коллоидных квантовых точек</i>	<i>Экситонная и рекомбинационная люминесценция нанокристаллов полупроводников. Основные признаки рекомбинационного свечения и механизмы рекомбинации. Влияние ловушек на кинетику люминесценции наносистем. Экспериментальная аппаратура для исследования люминесцентных свойств молекул и кристаллов</i>
06	<i>Спектры поглощения света и</i>	<i>Поглощение света органическими молекулами. Основные</i>

	фотолюминесценция упорядоченных J-агрегатов полиметиновых красителей	понятия, характеристики и законы люминесценции органических молекул. Оптические спектры поглощения и люминесценции J-агрегатов полиметиновых красителей. Классификация, связь строения красителей с их хромофорными свойствами. Электронный спектр поглощения J-агрегата. Основные параметры. Определение числа молекул в агрегате по оптическому спектру.
--	--	--

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
01	Введение. Теоретические основы абсорбционной электронной спектроскопии.	4			16	20
02	Теоретические основы люминесцентной спектроскопии наноматериалов.	4			16	20
03	Спектроскопия комбинационного рассеяния света.	4			16	20
04	Инфракрасная спектроскопия	4			16	20
05	Спектры поглощения света и фотолюминесценции полупроводниковых коллоидных квантовых точек			80	16	96
06	Спектры поглощения света и фотолюминесценция упорядоченных J-агрегатов полиметиновых красителей			60	16	76
	<b>Итого</b>	16		140	96	252

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

Основными этапами освоения дисциплины «Основы оптики квантовых точек» являются:

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

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

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет,

необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	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.
2.	Теория, техника и практика инфракрасной спектроскопии органических молекул : учебное пособие / О.В. Овчинников, Т.С. Кондратенко, М.С. Смирнов ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 173 с.

3.	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. : ил. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf</a> >.
----	--

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Антонов-Романовский, В.В. Кинетика фотолюминесценции кристаллофосфоров / В.В. Антонов-Романовский ; АН СССР, Физический ин-т им. П.Н. Лебедева .— М. : Наука, 1966 .— 323 с.
5.	Кюри, Д. Люминесценция кристаллов / Д. Кюри ; Пер. с фр. Н.М. Лозинской, под.ред. Н.А. Толстого .— М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1961 .— 200 с.
6.	Галанин, М.Д. Люминесценция молекул и кристаллов / М.Д.Галанин ; Рос.акад.наук, Физ.ин-т им. П.Н.Лебедева, УНЦ "Фундамент. оптика и спектроскопия" .— М., 1999 .— 199 с.
7.	В.В. Егоров, М.В. Алфимов «Теория J-полосы: от экситона Френкеля к переносу заряда» Успехи физических наук. 2007. Т.177. С.1033–1081. <a href="http://ufn.ru/ru/articles/2007/10/a/">http://ufn.ru/ru/articles/2007/10/a/</a>
8.	Джеймс, Т. Основы теории фотографического процесса / Т. Джеймс, Дж. Хиггинс ; Пер. с англ. К.И. Мархилевича, А.С. Хейнмана ; Под ред К.В. Чибисова .— М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1954 .— 280 с.
9.	Шапиро Б.И. Теоретические начала фотографического процесса / Б.И. Шапиро .— М. : Эдиториал УРСС, 2000 .— 288 с.,
10.	Адирович, Э.И. Некоторые вопросы теории люминесценции кристаллов / Э.И. Адирович .— 2-е изд. — М. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1956 .— 350 с.
11.	Фок, М.В. Введение в кинетику люминесценции кристаллофосфоров / М.В. Фок .— М. : Наука, 1964 .— 282 с.
12.	Степанов, Б.И. Введение в современную оптику : Поглощение и испускание света квантовыми системами / Б.И. Степанов; Ред.В.П.Грибковский .— Минск : Наука і тэхніка, 1991 .— 479 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
13.	Поисковая система e-library.ru
14.	Поисковая система google.ru
15.	Архив научных журналов <a href="http://arch.neicon.ru/">http://arch.neicon.ru/</a>
16.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
17.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a>
18.	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ <a href="http://lib.mexmat.ru">lib.mexmat.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.	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.
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. : ил. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-137.pdf</a> >.
3.	Антонов-Романовский, В.В. Кинетика фотолюминесценции кристаллофосфоров / В.В. Антонов-Романовский ; АН СССР, Физический ин-т им. П.Н. Лебедева .— М. : Наука, 1966 .— 323 с.
4.	Кюри, Д. Люминесценция кристаллов / Д. Кюри ; Пер. с фр. Н.М. Лозинской, под.ред. Н.А. Толстого .— М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1961 .— 200 с.
5.	Галанин, М.Д. Люминесценция молекул и кристаллов / М.Д.Галанин ; Рос.акад.наук, Физ.ин-т им. П.Н.Лебедева, УНЦ "Фундамент. оптика и спектроскопия" .— М., 1999 .— 199 с.
6.	В.В. Егоров, М.В. Алфимов «Теория J-полосы: от экситона Френкеля к переносу заряда» Успехи физических наук. 2007. Т.177. С.1033–1081. <a href="http://ufn.ru/ru/articles/2007/10/a/">http://ufn.ru/ru/articles/2007/10/a/</a>
7.	Джеймс, Т. Основы теории фотографического процесса / Т. Джеймс, Дж. Хиггинс ; Пер. с англ. К.И. Мархилевича, А.С. Хейнмана ; Под ред К.В. Чибисова .— М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1954 .— 280 с.
8.	Шапиро Б.И. Теоретические начала фотографического процесса / Б.И. Шапиро .— М. : Эдиториал УРСС, 2000 .— 288 с.,
9.	Адирович, Э.И. Некоторые вопросы теории люминесценции кристаллов / Э.И. Адирович .— 2-е изд. — М. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1956 .— 350 с.
10.	Фок, М.В. Введение в кинетику люминесценции кристаллофосфоров / М.В. Фок .— М. : Наука, 1964 .— 282 с.
11.	Степанов, Б.И. Введение в современную оптику : Поглощение и испускание света квантовыми системами / Б.И. Степанов; Ред.В.П.Грибковский .— Минск : Наука і тэхніка, 1991 .— 479 с.

## **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: 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.

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:**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: 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.

Учебно-научная лаборатория люминесцентной спектроскопии, оборудованная полностью автоматическим спектрофлуориметром на базе монохроматора МДР–23 и ФЭУР955Р (Hamamatsu), работающего в режиме счета фотонов, а также волоконно-оптического спектрального комплекса фирмы Ocean Optics базе спектрометра Maya-Pro 2000 . Компьютер, учебная и методическая литература, программное обеспечение.

Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации

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

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 посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
<p>ПК-3. Способен к разработке и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов</p> <p>ПК-4. Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в предметной области квантовой электроники и фотоники</p>	<p>знать: основные разделы физики необходимые для решения научно-инновационных задач, и применения результатов научных исследований в инновационной деятельности</p> <p>уметь: решать научно-инновационные задачи, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.</p> <p>владеть: современными способами решения научно-инновационных задач, и уметь применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</p>	<p>Этапы 1-2</p> <p>Поглощение света и фотолюминесценция полупроводниковых коллоидных квантовых точек</p> <p>Поглощение света и фотолюминесценция упорядоченных J-агрегатов полиметиновых красителей</p>	Устный опрос. Отчет по лабораторной работе
Промежуточная аттестация (зачет, зачет с оценкой)			КИМ

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

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

#### Зачёт

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лабораторных занятий. Полный ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный базовый и пороговый уровни</i>	<i>зачтено</i>
<i>Систематические пропуски лабораторных занятий без уважительной причины.</i>	-	<i>не зачтено</i>

<i>Неумение давать ответы на вопросы</i>		
--	--	--

### **Зачёт с оценкой**

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лабораторных занятий. Успешное выполнение лабораторных работ. Полный ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный базовый и пороговый уровни</i>	<i>отлично</i>
<i>Посещение большинства лабораторных занятий. Преимущественное выполнение лабораторных работ. Неполный ответ на контрольно – измерительный материал во время экзамена. Частичный ответ на дополнительные вопросы.</i>	<i>Хороший базовый и пороговый уровни</i>	<i>хорошо</i>
<i>Неполное посещение лабораторных занятий. Фрагментарное выполнение лабораторных работ. Отсутствие или неполный ответ на основные и дополнительные вопросы.</i>	<i>Низкий уровень</i>	<i>удовлетворительно</i>
<i>Систематический пропуск лабораторных занятий без уважительной причины. Невыполнение лабораторных работ. Неумение давать ответы на вопросы контрольно – измерительных материалов.</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 зачету:**



1. Представления о рекомбинационной, экситонной и внутрицентральной люминесценции коллоидных квантовых точек.
2. Основные признаки рекомбинационного свечения и механизмы рекомбинации.
3. Законы кинетики затухания люминесценции. Влияние ловушек на кинетику люминесценции наносистем.
4. Экспериментальная аппаратура для исследования люминесцентных свойств наносистем.

### **19.3.2 Перечень вопросов к зачету с оценкой:**

1. Коэффициенты Эйнштейна для вынужденных и спонтанных переходов..
2. Закон Бугера.
3. Техника абсорбционной спектроскопии наноструктур.
4. Одно- и двухлучевые спектрофотометры.
5. Устройство и назначение интегрирующей сферы при исследовании дисперсных наноматериалов.\
6. Техника люминесцентной спектроскопии. Устройство спектрофлуориметров.
7. Дифракционные и призмные спектральные приборы.
8. Источники возбуждения люминесценции.
9. Время-разрешённые люминесцентные исследования.
10. Особенности люминесцентной спектроскопии наноструктур.
11. Устройство современных приборов для исследования комбинационного рассеяния.
12. Методика гигантского комбинационного рассеяния.
13. Устройство ИК спектрофотометров.
14. Материалы для ИК оптики.
15. Методика нарушенного полного внутреннего отражения.
16. Экситонная и рекомбинационная люминесценция нанокристаллов полупроводников.
17. Основные признаки рекомбинационного свечения и механизмы рекомбинации.
18. Влияние ловушек на кинетику люминесценции наносистем.
19. Экспериментальная аппаратура для исследования люминесцентных свойств молекул и кристаллов.
20. Поглощение света органическими молекулами.
21. Основные понятия, характеристики и законы люминесценции органических молекул.
22. Оптические спектры поглощения и люминесценции J-агрегатов полиметиновых красителей.
23. Классификация, связь строения красителей с их хромофорными свойствами.
24. Электронный спектр поглощения J- агрегата. Основные параметры.
25. Определение числа молекул в агрегате по оптическому спектру.

### **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); тестирования; 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 теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

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