

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

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

14. 06. 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.09 Фотоника молекул, кристаллов и наноструктур

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:

12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки / специализация: Материалы и устройства  
фотоники и оптоинформатики

3. Квалификация (степень) выпускника: высшее образование (магистр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Овчинников Олег Владимирович

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

доктор физико-математических наук, профессор

Возгорькова Екатерина Александровна

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

кандидат физико-математических наук

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024

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

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 1

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целью освоения учебной дисциплины являются:* познакомить студентов с процессами взаимодействия света с молекулами, твердыми телами и наноструктурами, вызывающими протекание разнообразных фотохимических реакций, окислительно-восстановительных и фотокаталитических процессов в условиях воздействия лазерного излучения, включая проблему спектральной сенсibilизации широкозонных полупроводников к видимому ближнему ИК диапазону.

*Задачи учебной дисциплины:*

- обеспечить умение применять знания, полученные при изучении базовых физических дисциплин в междисциплинарных областях;
- познакомиться с физическими основами современных фотонных технологий.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, (Б1.О.09), блок Б1.

### 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
ОПК-2	Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты	ОПК-2.1	Организует проведение научного исследования и разработку перспективных материалов и технологий создания устройств фотоники	<p><i>знать:</i> принципы работы, возможности и назначение специализированного оборудования и приборов для создания и исследования материалов фотоники</p> <p><i>уметь:</i> при решении конкретной задачи создания материалов и устройств фотоники генерировать идеи исходя из наличия ресурсов и ограничений</p> <p><i>владеть:</i> методиками экспериментальной проверки выбранных технологических решений производства оптических и акустооптических приборов, исследования параметров наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой</p>
		ОПК-2.2	Представляет и аргументированно защищает полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований	

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

**Форма промежуточной аттестации экзамен**

### 13 Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		1	
Аудиторные занятия	88	88	
в том числе:	лекции	44	44
	практические	0	0
	лабораторные	44	44
Самостоятельная работа	56	56	
в том числе: курсовая работа (проект)			

Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.)	36	36
Итого:	180	180

### 13.1 Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.	Введение в фотонику молекул.	<p>Фотофизика молекул красителей. Электронное строение молекул, цвет и спектр поглощения. Адиабатическое приближение в молекулярной задаче. Электронно-колебательно-вращательные уровни многоатомных молекул. Принцип Паули. Строение электронных оболочек молекул: <math>n</math>, <math>\pi</math>, <math>\sigma</math> орбитали. Синглетные и триплетные состояния молекул. Правила отбора для оптических переходов в поглощении и излучении. Принцип Франка – Кондона. Законы поглощения и люминесценции молекул. Интерспиновая конверсия. Схема Яблонского.</p> <p>Фотохимические реакции с участием молекул красителей. Законы фотохимии. Основные типы фотохимических реакций в красителях. Фотораспад, фотоперегруппировка, фотоприсоединение, фотоперенос электрона, фотосенсибилизация, фотолиз.</p>	
2.	Фотоника кристаллов	<p>Электронное строение твердых тел. Уравнение Шрёдингера для кристалла. Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Периодическое поле решётки кристалла. Оператор трансляции. Квазиимпульс. Эффективная масса электрона. Зоны Бриллюэна. Метод эффективной массы, кр теория. Плотность состояний.</p> <p>Фотофизика твердого тела. Собственное поглощение света кристаллами Экситонное поглощение. Люминесценция кристаллов.</p> <p>Фотохимия кристаллов. Фотохимические реакции в кристаллах с участием структурно-примесных дефектов. Фотолиз. Фотокаталитические реакции в твердом теле.</p>	
3	Фотоника наноструктур	<p>Фотоника квантовых ям. Размерное квантование в потенциальной яме бесконечной и конечной глубины. Экситон в квантовой яме. Правила отбора для оптических переходов в квантовых ямах. Лазерный эффект в квантовых ямах.</p> <p>Фотоника квантовых точек. Размерное квантование энергетических состояний в квантовых точках. Правила отбора для оптических переходов в квантовых точках. Приемы обработки и интерпретации спектров поглощения. Формулы Брюса и Кайанума. Люминесценция квантовых точек. Экситонная, рекомбинационная и примесная люминесценция квантовых точек. Приемы интерпретации спектров. Природа стоковского сдвига. Тонкая структура экситона, экситонная люминесценция. Локализованные состояния в нанокристаллах, Динамика распада экситона, рекомбинационная люминесценция.</p>	

4	Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах	Пространственная локализация экситонов. Возбужденные состояния экситонов. Вероятности переходов и форма спектров излучателя в присутствии плазмонных наночастиц. Эффект Перселла, Фано и Раби при плазмон-экситонном взаимодействии. Время жизни локализованного плазмона и элементарные фотореакции при различных стадиях экситон-плазмонного взаимодействия
<b>2. Лабораторный практикум</b>		
5	Основы абсорбционной спектрофотометрии молекул красителей	Определение спектральных характеристик молекулярного спектра поглощения. Определение однокомпонентного раствора красителя с помощью закона Бугера. Определение естественного времени жизни.
6	Спектроскопическое определение констант ассоциации и диссоциации молекул красителя метиленового голубого	Спектроскопическое определение констант ассоциации и диссоциации молекул красителя метиленового голубого
7	Определение энергии фотодиссоциации I <sub>2</sub> .	Определение энергии фотодиссоциации I <sub>2</sub> .
8	Определение ширины запрещенной зоны микрокристаллов методом спектроскопии диффузного отражения	Определение ширины запрещенной зоны микрокристаллов методом спектроскопии диффузного отражения
9	Абсорбционная спектрофотометрия ансамблей осцилляторов с неоднородным уширением	Абсорбционная спектрофотометрия ансамблей осцилляторов с неоднородным уширением

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1.	Введение в фотонику молекул	16			6	4	26
2.	Фотоника кристаллов	10			6	4	20
3	Фотоника наноструктур	12			6	4	22
4	Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах	6			6	4	16
5	Основы абсорбционной спектрофотометрии молекул красителей			10	8	4	22
6	Спектроскопическое определение констант ассоциации и диссоциации молекул красителя метиленового голубого			8	6	4	18
7	Определение энергии фотодиссоциации I <sub>2</sub> .			8	6	4	18
8	Определение ширины запрещенной зоны микрокристаллов методом спектроскопии диффузного отражения			8	6	4	18

9	Абсорбционная спектрофотометрия ансамблей осцилляторов с неоднородным уширением			10	6	4	20
	<i>Итого</i>	44	0	44	56	36	180

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

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
- 2) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 3) Подготовка к аттестации. 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 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	Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А. Ельяшевич // М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 895 с.
2	Бахшиев Н.Г. Введение в молекулярную спектроскопию / Н.Г. Бахшиев // Л.: Издательство ленинградского университета, 1987. – 216 с.
3	Турро Н. Молекулярная фотохимия / Н. Турро // М.: «МИР», 1967. -328 с.
4	Киреев, П.С. Физика полупроводников / П.С. Киреев // М.: Высшая школа, 1975. – 584 с.

##### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. – СПб.: Лань, 2010.- 390 с.
6	Панков, Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков ; пер. с англ. под ред. Ж.И. Алферова и В.С. Вавилова. — Москва. : Мир, 1973. — 456 с.
7	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". — Москва:, 1999. — 199 с.

##### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
8	Электронно-библиотечная система BOOK.ru <a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>
9	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
10	ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
11	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
12	ЭБС «Университетская библиотека Online» – <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
13	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="http://rucont.ru">http://rucont.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	Овчинников О.В., Смирнов М.С. Основы фотоники полупроводниковых коллоидных квантовых точек: учебное пособие / О.В. Овчинников, М.С. Смирнов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Воронежский государственный университет, кафедра оптики и спектроскопии. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2023. 133 с.
2	Амосова, Л. П. Введение в физику оптоэлектронных и фотонных устройств для информационных систем : учебное пособие : [16+] / Л. П. Амосова ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 127 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566765">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566765</a>
3	Сидоров, А. И. Сенсорная фотоника : учебное пособие : [16+] / А. И. Сидоров ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 99 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566783">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566783</a>

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

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	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	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ <a href="http://lib.mexmat.ru">lib.mexmat.ru</a>

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (ауд. 133): специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ» 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 136

Учебно-научная лаборатория (ауд. 132): специализированная мебель, фотоприемник PDF-10C/M, лазерный модуль/блок питания поворотного крепления, фотоэлектронный умножитель 928P, ПЗС-линейка ToshibaTCD1304AP, волоконно-оптический спектральный комплекс OceanOptics 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

Пакет ПО для управления спектрофотометром USB 2000+ (OceanOptics), для анализа 394018, г.Воронеж, площадь

Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 137

Учебная аудитория (ауд. 129): специализированная мебель 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, этаж – 1, пом. 141

## 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 в фотонику молекул	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос</i>
2.	Фотоника кристаллов	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
3.	Фотоника наноструктур	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
4.	Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
5.	Основы абсорбционной спектрофотометрии молекул красителей	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
6.	Спектроскопическое определение констант ассоциации и диссоциации молекул красителя метиленового голубого	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
7.	Определение энергии фотодиссоциации I <sub>2</sub> .	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
8.	Определение ширины запрещенной зоны микрокристаллов методом спектроскопии диффузного отражения	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
9.	Абсорбционная спектрофотометрия ансамблей осцилляторов с неоднородным уширением	ОПК –2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	<i>Устный опрос, отчеты лабораторного практикума</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				<i>КИМ</i>

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)
1	2	3	4
ОПК-2 Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты	<i>знать:</i> принципы работы, возможности и назначение специализированного оборудования и приборов для создания и исследования материалов фотоники <i>уметь:</i> при решении конкретной задачи создания материалов и устройств фотоники генерировать идеи исходя из наличия ресурсов и ограничений <i>владеть:</i> методиками экспериментальной проверки выбранных технологических решений производства оптических и акустооптических приборов, исследования параметров наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой	Введение в фотонику молекул. Фотоника кристаллов Фотоника наноструктур Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах	Устный опрос
Промежуточная аттестация (экзамен)			КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания и критерии их оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос). 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 лабораторных работ (устный опрос при допуске к работе и отчету по ней, опираясь на контрольные вопросы).

#### Контрольные вопросы к лабораторному практикуму

1. Вероятности переходов между электронно-колебательно-вращательными состояниями.
2. Принцип Франка-Кондона для поглощения и испускания.
3. Закон Бугера
4. Диаграмма Яблонского.
5. Техника абсорбционной спектроскопии. Принципиальная и оптическая схемы установки для проведения абсорбционных исследований.
6. Техника люминесцентной спектроскопии. Принципиальная и оптическая схемы установки для проведения люминесцентных исследований.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств - контрольно-измерительных материалов в форме билетов, содержащих по два вопроса к экзамену из следующего перечня:

1	Фотофизика молекул красителей. Электронное строение молекул. Понятие Хромофор, ауксохром.
2	Фотофизика молекул красителей. Цвет и спектр поглощения
3	Адиабатическое приближение в молекулярной задаче.
4	Электронно-колебательно-вращательные уровни многоатомных молекул. Принцип Паули.
5	Строение электронных оболочек молекул: $n$ , $\pi$ , $\sigma$ орбитали.

6	Синглетные и триплетные состояния молекул.
7	Правила отбора для оптических переходов в поглощении и излучении.
8	Принцип Франка – Кондона.
9	Законы поглощения и люминесценции молекул.
10	Интерспиновая конверсия. Схема Яблонского.
11	Фотохимические реакции с участием молекул красителей. Законы фотохимии.
12	Основные типы фотохимических реакций в красителях.
13	Фотораспад, фотоперегруппировка, фотоприсоединение
14	Фотоперенос электрона, фотосенсибилизация, фотолиз
15	Электронное строение твердых тел. Уравнение Шрёдингера для кристалла.
16	Адиабатическое приближение для кристалла
17	Одноэлектронное приближение для кристалла
18	Периодическое поле решётки кристалла. Оператор трансляции.
19	Квазиимпульс.
20	Эффективная масса электрона.
21	Зоны Бриллюэна.
22	Метод эффективной массы, кр теория.
23	Плотность состояний.
24	Фотофизика твердого тела. Собственное поглощение света кристаллами
25	Экситонное поглощение.
26	Люминесценция кристаллов.
27	Фотохимия кристаллов. Фотохимические реакции в кристаллах с участием структурно-примесных дефектов.
28	Фотолиз. Фотокаталитические реакции в твердом теле.
29	Фотоника квантовых ям. Размерное квантование в потенциальной яме бесконечной глубины.
30	Размерное квантование в потенциальной яме конечной глубины.
31	Экситон в квантовой яме. Правила отбора для оптических переходов в квантовых ямах.
32	Лазерный эффект в квантовых ямах.
33	Фотоника квантовых точек. Размерное квантование энергетических состояний в квантовых точках.
34	Правила отбора для оптических переходов в квантовых точках.
35	Приемы обработки и интерпретации спектров поглощения. Формулы Брюса и Кайанума.
36	Люминесценция квантовых точек. Экситонная, рекомбинационная и примесная люминесценция квантовых точек.
37	Приемы интерпретации спектров люминесценции КТ. Природа стокова сдвига.
38	Тонкая структура экситона, экситонная люминесценция.
39	Локализованные состояния в нанокристаллах.
40	Динамика распада экситона вКТ.
41	Рекомбинационная люминесценция в КТ.
42	Пространственная локализация экситонов. Возбужденные состояния экситонов.
43	Вероятности переходов и форма спектров излучателя в присутствии плазмонных наночастиц.

Экзамен проводится в письменной форме. Каждый билет включает два теоретических вопроса. Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа и отвечает преподавателю.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется по следующим показателям:

- предварительная оценка качества работы на лекционных и практических 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
Посещение лекционных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы. 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.	Повышенный уровень	Отлично
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.	Базовый уровень	Хорошо
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.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно

## Контрольно-измерительный материал

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

\_\_\_\_\_ Овчинников О.В.  
подпись, расшифровка подписи

\_\_\_.\_\_.20\_\_

Направление подготовки / специальность 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Б1.О.09 Фотоника молекул, кристаллов, и наноструктур

Форма обучения очная

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

### Контрольно-измерительный материал №1

1. Строение молекул красителей, понятие хромофор, аукохромо.
2. Фотолиз. Фотокаталитические реакции в твердом теле.

Преподаватель

\_\_\_\_\_ Возгорькова Е.А.  
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

\_\_\_\_\_ Овчинников О.В.  
подпись, расшифровка подписи

\_\_\_.\_\_\_.20\_\_

Направление подготовки / специальность 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика  
Дисциплина Б1.О.09 Фотоника молекул, кристаллов, и наноструктур  
Форма обучения очная  
Вид контроля экзамен  
Вид аттестации промежуточная

**Контрольно-измерительный материал №2**

1. Фотофизика молекул красителей. Цвет и спектр поглощения.
2. Правила отбора для оптических переходов в квантовых точках.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

*подпись*

Возгорькова Е.А.

*расшифровка подписи*