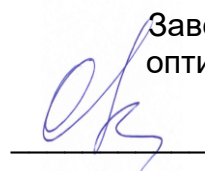


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

 Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии
(Овчинников О.В.)

05.06.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 Фотоника наноструктур

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки: 03.04.02 Физика
2. Профиль подготовки: Оптика и нанофотоника
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Овчинников Олег Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, Королев Никита Викторович, к. ф.-м. н., доцент
7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ, протокол №6 от 04.06.2025
8. Учебный год: 2025/2026 Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональных компетенций магистрантов физического факультета, обучающихся по программе "Оптика и нанофотоника", в области оптики полупроводниковых квантово-размерных систем, свойства которых все шире применяются в оптоэлектронике и других областях наукоемких технологий.

Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть основные типы наноразмерных оптически активных систем;
- сформировать знания основных методов получения полупроводниковых квантовых точек;
- изучить явления и эффекты, обусловленные оптическими свойствами квантовых точек.

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

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен к формулировке и анализу поставленной задачи исследований в области оптики и нанофотоники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы	ПК-1.1	Проводит поиск научно-технической информации для разработки и анализа методик контроля технологических процессов создания наноструктурированных материалов для приборов квантовой электроники и фотоники	Знать: основы методов синтеза наночастиц и наноструктур; физические принципы фотоники и оптики наноструктур; Уметь: планировать и проводить экспериментальные исследования оптических свойств наноразмерных систем; Владеть: основными физико-химическими принципами разработки новых оптических наноструктурированных материалов

		ПК-1.2	Работает с научно-технической информацией, представляет информацию в систематизированном виде, обосновывает предлагаемые решения при выборе теоретических и экспериментальных методов.	Знать: основы методов описания оптических свойств наночастиц и наноструктур; квантово-размерные эффекты в наночастицах. Уметь: проводить сравнительный анализ оптических свойств наноразмерных систем на основании их структуры, размера и материала; проводить экспериментальные исследования свойств наночастиц, наноструктур и композитов на их основе методами оптической спектроскопии; Владеть: навыками анализа оптических свойств наноструктурированных материалов по их спектральным и иным параметрам.
ПК-2	Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов, проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства оптических и акустооптических приборов, исследовать параметры наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой	ПК-2.1	Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических свойств и параметров наноструктурных материалов и комплектующих для разработки технологических процессов	Знать: физические принципы фотоники и оптики наноструктур Уметь: анализировать альтернативные варианты решения практических задач в области квантовых оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области квантовых оптических технологий

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 5/180.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) ЭКЗАМЕН

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
		По семестрам

		Всего	2 семестр
Аудиторные занятия		112	112
в том числе:	лекции	64	64
	практические		
	лабораторные	48	48
Самостоятельная работа		32	32
в том числе: курсовая работа (проект)		0	0
Форма промежуточной аттестации (экзамен - час.)		36	36
Итого:		180	180

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекционные занятия			
1.1	Введение. Предмет и задачи курса	Введение. Предмет и задачи курса. Типы наноструктур. Объекты квантовой механики низкоразмерных систем: понятие квантовой ямы, квантовой нити, квантовой точки, сверхрешетки и т.д. Наночастицы металлов и диэлектриков.	Онлайн-курс «Б1.В.05 Основы оптики квантовых точек» https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4075
1.2	Размерное квантование в простейших моделях. Квантовая механика простейших структур.	Случай прямоугольной квантовой ямы с бесконечными стенками. Яма конечной глубины. Уровни энергии в прямоугольных потенциальных ямах. Особенности размерного квантования энергетического спектра в полупроводниковой квантовой яме. Квантование электронных и дырочных состояний: сходства и различия. Размерное квантование в квантовых нитях и квантовых точках.	
1.3	Правила отбора для поглощения света полупроводниковыми квантовыми ямами и квантовыми точками	Межзонное поглощение света в массивном полупроводнике. Поглощение света в квантовой точке для случая сильного конфайнмента.	
1.4	Экситоны в квантово-размерных структурах	Модификация спектра экситона Ванье-Мотта в квантовой яме. Влияние размерности полупроводниковой наноструктуры и диэлектрической проницаемости ее окружения на энергию связи экситонов. Диэлектрическое усиление экситонов. Экситоны в гетероструктурах и сверхрешетках. Пространственная локализация экситонов. Обменное взаимодействие для экситонов в нанокристаллах.	
1.5	Люминесценция коллоидных квантовых точек	Экстинкция света наночастицами. Люминесценция наночастиц. Размерный эффект в люминесценции коллоидных квантовых точек. Возбужденные состояния экситонов. Учет спинового состояния для	

		энергии экситона. Стоксов сдвиг. Кинетика люминесценции квантовых точек. Роль локализованных состояний. Теория и эксперимент.	
1.6	Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах	Экситон-плазмонное взаимодействие в ассоциатах молекул красителей и плазмонных наноструктур. Гигантское комбинационное рассеяние. Экситон-плазмонное взаимодействие в смесях квантовых точек и плазмонных наночастиц, квантовых точек на металлических поверхностях.	
1.7	Фотодетектирование в многослойных наноструктурированных системах на основе квантовых точек	Принципы фотодетектирования с использованием квантовых точек. Спектр чувствительности. Механизм фоточувствительности многослойных наноструктурированных систем на основе квантовых точек.	
1.8	Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц	Фотокатализ. Материалы для фотокатализа. Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц. Механизмы генерации активных форм кислорода. Проблема спектральной сенсibilизации в фотокатализе на основе наночастиц широкозонных полупроводников.	
2. Лабораторные занятия			
2.1	Оптические спектры полупроводниковых квантовых точек.	Изучение методик синтеза квантовых точек и получения их оптических спектров. Алгоритм обработки экспериментального спектра экстинкции ансамбля квантовых точек. Учет дисперсии по размерам. Алгоритм расчета параметров квантовых точек по экспериментальному спектру межзонного поглощения в рамках изученных приближений	«Б1.В.05 Основы оптики квантовых точек» https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=4075

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1.1	Введение. Предмет и задачи курса	2	-	-	2	9	13
1.2	Размерное квантование в простейших моделях. Квантовая механика простейших структур.	16	-	-	10	9	35
1.3	Правила отбора для поглощения	12	-	28	5	9	5

	света полупроводник овыми квантовыми ямами и квантовыми точками						
1.4	Экситоны в квантово- размерных структурах	8			5		13
1.5	Люминесценци я коллоидных квантовых точек	8	-	20	4	9	41
1.6	Эффекты экситон- плазмонного взаимодействи я в гибридных наноструктурах	6			2		8
1.7	Фотодетектиро вание в многослойных наноструктури рованных системах на основе квантовых точек	6			2		8
1.8	Фотокатализат оры на основе полупроводник овых наночастиц	6			2		8
	Итого:	64	-	48	32	36	180

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.	Дубровский, В. Г. Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур: учебное пособие : [16+] / В. Г. Дубровский ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 228 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566761 (дата обращения: 18.10.2021). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
2.	Илюшин, В. А. Наноматериалы : учебное пособие : [16+] / В. А. Илюшин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 114 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574749 (дата обращения: 18.10.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3858-9. – Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	<u>Демиховский, В.Я.</u> Физика квантовых низкоразмерных структур / В. Я. Демиховский, Г. А. Вугальтер. — М.: Логос, 2000. — 246 с.
2.	<u>Гусев, А.И.</u> Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. — Изд. 2-е., испр. — М.: Физматлит, 2007. — 414 с.
3.	Паршаков, А. Н. Введение в квантовую физику / А. Н. Паршаков. — Москва : Лань, 2010. — 351 с. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=297 >.
4.	<u>Ватсон, Г.Н.</u> Теория бесселевых функций. Ч. 1 / Г.Н. Ватсон ; Пер. со 2-го англ. изд. В.С. Бермана. — М. : Изд-во иностранной лит., 1949. — 798 с.
5.	Покутний С.И. Теория экситонов в квазинульмерных полупроводниковых системах / С.И. Покутний. — Одесса : «Астропринт», 2003. — 168 с.
6.	Оптика наноструктур / С.В. Гапоненко [и др] под ред. А.В. Федорова. — СПб. : Недра, 2005 — 326 с.
7.	Шпак А.П. Спектроскопия электронных и экситонных состояний в низкоразмерных системах / А.П. Шпак, С.И. Покутний, Ю.А. Куницкий. — К. : Академперіодика, 2005. — 326 с.
8.	<u>Ватсон, Г.Н.</u> Теория бесселевых функций. Ч. 2 / Г.Н. Ватсон ; Пер. со 2-го англ. изд. В.С. Бермана. — М. : Изд-во иностранной лит., 1949. — 798 с.
9.	<u>Давыдов, А.С.</u> Квантовая механика : [учебное пособие для студентов ун-тов и техн. вузов] / А.С. Давыдов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. — 703 с.
10.	<u>Борен, К.Ф.</u> Поглощение и рассеяние света малыми частицами / К. Борен, Д. Хафмен ; Пер. с англ. З. И. Фейзулина и др.; С предисл. В. И. Татарского. — М. : Мир, 1986. — 660 с.
11.	<u>Хюлст, Г. ван де.</u> Рассеяние света малыми частицами / Г. ван де Хюлст ; пер. с англ. Т.В. Водопьяновой; под ред. В.В. Соболева. — М. : Изд-во иностран. лит., 1961. — 536 с.
12.	<u>Помогайло, А.Д.</u> Наночастицы металлов в полимерах / А. Д. Помогайло, А. С. Розенберг, И. Е. Уфлянд. — М. : Химия, 2000. — 671 с.

Контингент 10 чел.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	«Университетская библиотека online» https://biblioclub.ru/
2.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/
3.	ЭБС "Руконт" https://rucont.ru/
4.	ЭБС "Юрайт" https://biblio-online.ru/
5.	ЭБС IPRbooks http://www.iprbookshop.ru/

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

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. Основы оптики и спектроскопии квантовых точек : учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж. гос. ун-т ; [сост. : О.В. Овчинникови др.] — Воронеж : Издательско- полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013

	— 80 с. : ил. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-155.pdf >.
2.	Физика низкоразмерных систем : Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению "Техн. физика" / А. Я. Шик, Л. Г. Бакуев, С. Ф. Мусихин, С. А. Рыков; Под общ.ред. В.И.Ильина, А. Я. Шика. — СПб. : Наука, 2001. — 154 с.
3.	Давыдов А.С. Теория твердого тела : учебное пособие для студ. физ. спец. вузов / А.С. Давыдов. — М. : Наука, 1976. — 639 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции, практические и лабораторные занятия. 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 для проведения лабораторных занятий: волоконно-оптический спектральный комплекс фирмы Ocean Optics 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 твердых образцов CUV-VAR и CUV-ALL-UV.

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)
ПК-1. Способен к формулировке и анализу поставленной задачи исследований в области оптики и нанофотоники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы ПК-2. Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов, проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства оптических и акустооптических приборов, исследовать параметры наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой	Знать: основы методов синтеза наночастиц и наноструктур; физические принципы фотоники и оптики наноструктур; Уметь: планировать и проводить экспериментальные исследования в области фотоники наноразмерных систем; Владеть: основными физико-химическими принципами разработки новых оптических наноструктурированных материалов и их применения в технологиях фотоники.	Введение. Предмет и задачи курса «Фотоника наноструктур». Размерное квантование энергетического спектра наноструктур. Три предельных случая в задаче о размерном квантовании энергетического спектра полупроводниковой квантовой точки Правила отбора для поглощения света полупроводниковыми квантовыми точками Оптические спектры полупроводниковых квантовых точек. Люминесценция коллоидных квантовых точек Экситоны. Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах Фотодетектирование в многослойных наноструктурированных системах на основе квантовых точек Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц	Устный опрос. Отчет по лабораторной работе
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 основные характеристики спектральных приборов;
- 4) владение знаниями о теоретических основах и современных методах молекулярной спектроскопии.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>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.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	<i>—</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. Типы наноструктур.
2. Объекты квантовой механики низкоразмерных систем: понятие квантовой ямы, квантовой нити, квантовой точки, сверхрешетки и т.д.
3. Наночастицы металлов и диэлектриков.
4. Случай прямоугольной квантовой ямы с бесконечными стенками.
5. Яма конечной глубины.
6. Уровни энергии в прямоугольных потенциальных ямах.
7. Особенности размерного квантования энергетического спектра в полупроводниковой квантовой яме.
8. Квантование электронных и дырочных состояний: сходства и различия.
9. Размерное квантование в квантовых нитях и квантовых точках.
10. Межзонное поглощение света в массивном полупроводнике.
11. Поглощение света в квантовой точке для случая сильного конфайнмента.
12. Экстинкция света наночастицами.
13. Люминесценция наночастиц.
14. Размерный эффект в люминесценции коллоидных квантовых точек.
15. Кинетика люминесценции квантовых точек.
16. Роль локализованных состояний. Теория и эксперимент.
17. Модификация спектра экситона Ванье-Мотта в квантовой яме.
18. Влияние размерности полупроводниковой наноструктуры и диэлектрической проницаемости ее окружения на энергию связи экситонов.
19. Диэлектрическое усиление экситонов. Экситоны в гетероструктурах и сверхрешетках.
20. Пространственная локализация экситонов.
21. Возбужденные состояния экситонов. Учет спинового состояния для энергии экситона.
22. Обменное взаимодействие для экситонов в нанокристаллах.
23. Стоксов сдвиг.
24. Экситон-плазмонное взаимодействие.
25. Принципы фотодетектирования с использованием квантовых точек.
26. Спектр чувствительности.
27. Механизм фоточувствительности многослойных наноструктурированных систем на основе квантовых точек.
28. Фотокатализ. Материалы для фотокатализа.
29. Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц.
30. Механизмы генерации активных форм кислорода.
31. Проблема спектральной сенсibilизации в фотокатализе на основе наночастиц широкозонных полупроводников.

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. 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.