

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

21.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01 Фотоника наноструктур

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/специализация: Перспективные материалы и устройства фотоники

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Овчинников Олег Владимирович, д. ф.–м. н., профессор
Леонова Лиана Юрьевна, к. ф.–м. н., доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета, протокол №6 от 20.06.2023

8. Учебный год: 2023-2024

Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

формирование профессиональной компетенции в области взаимодействия лазерного излучения с наноматериалами и фундаментальных взаимосвязей электронного строения наноструктур с особенностями оптического отклика при воздействии лазерного излучения, в том числе нелинейного.

Основной задачей учебной дисциплины является

- изучить теорию прямоугольных квантовых ям, оптические свойства полупроводниковых гетероструктур с квантовыми ямами, теорию Ми, размерные зависимости коэффициентов поглощения, экстинкции и рассеяния света наночастицами;
- приобрести навыки обработки и графического отображения результатов решения расчетных задач для определения размерных эффектов в оптике наночастиц с использованием пакетов стандартных программ по математической обработке данных;
- рассмотреть основные типы наноразмерных оптически активных систем; сформировать знания основных методов получения полупроводниковых квантовых точек; изучить явления и эффекты, обусловленные оптическими свойствами квантовых точек;
- изучить эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина Б1.В.01 Фотоника наноструктур относится к вариативной части блока 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 – 3	Способен выбирать научно-исследовательское и технологическое оборудование с учетом особенностей нанотехнологических процессов создания материалов и устройств нанопотоники	ПК – 3.1.	Проводит научные исследования в области нанопотоники, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	Знать: классификацию наноструктур и методы их изготовления; основные закономерности взаимодействия оптического излучения с наноструктурами. Уметь: пользоваться физико-математическими и численными моделями для решения задач распространения лазерного излучения в наноструктурах; Владеть: навыками теоретического исследования закономерностей формирования спектральных характеристик наноструктур.
		ПК - 3.2	Решая различные профессиональные задачи, применяет знания физических принципов работы приборов квантовой электроники и фотоники, базовых технологических процессов создания наноматериалов и устройств нанопотоники	Знать: основные механизмы взаимодействия лазерного излучения с веществом и методы моделирования данных процессов; Уметь: анализировать спектры поглощения и рассеяния наночастиц и структур на их основе; Владеть: методами спектрального анализа наноструктур.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 5 ЗЕТ / 180 ч.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		№ 1
Ч.		
Аудиторные занятия	88	88
в том числе:	лекции	44
	практические	44
	лабораторные	-
Самостоятельная работа	56	56
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации экзамен	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. Лекции			
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.	Размерное квантование в яме с бесконечно высокими стенками и стенками конечной высоты. Уровни энергии в прямоугольных потенциальных ямах. Особенности размерного квантования энергетического спектра в полупроводниковой квантовой яме. Квантование электронных и дырочных состояний: сходства и различия. Правила отбора для поглощения света полупроводниковыми квантовыми ямами. Размерное квантование в квантовых нитях. Люминесценция квантовых ям и нитей.	
1.3	Правила отбора для поглощения света в полупроводниковых квантовых точках.	Межзонное поглощение света в массивном полупроводнике и поглощение света в квантовой точке для случая сильного конфайнмента. Экситон в квантово-размерной системе. Модификация спектра экситона Ванье-Мотта в квантовой яме. Влияние размерности полупроводниковой наноструктуры и диэлектрической проницаемости ее окружения на энергию связи экситонов.	
1.4	Люминесценция коллоидных квантовых точек	Экстинкция света наночастицами. Люминесценция наночастиц. Размерный эффект в люминесценции коллоидных квантовых точек. Кинетика люминесценции квантовых точек. Роль локализованных состояний. Теория и эксперимент.	
1.5	Экситоны.	Диэлектрическое усиление экситонов. Экситоны в	

	Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах	гетероструктурах и сверхрешетках. Пространственная локализация экситонов. Возбужденные состояния экситонов. Учет спинового состояния для энергии экситона. Обменное взаимодействие для экситонов в нанокристаллах. Стоксов сдвиг. Экситон-плазмонное взаимодействие	
1.6	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.	
1.7	Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц	Фотокатализ. Материалы для фотокатализа. Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц. Механизмы генерации активных форм кислорода. Проблема спектральной сенсбилизации в фотокатализе на основе наночастиц широкозонных полупроводников.	
2. Практические занятия			
2.1	Квантовые ямы	Расчет волновых функций и уровней энергии в прямоугольной квантовой яме с бесконечно высокими стенками. Расчет вида потенциала, волновых функций и положения энергетических уровней в симметричной прямоугольной квантовой яме со стенками конечной высоты. Оформление отчета. Защита работы.	Электронный курс "Фотоника наноматериалов" для дистанционного обучения https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4052
2.2	Квантовые точки	Расчет волновых функций и уровней энергии в квантовой точке в приближениях слабого, промежуточного и сильного конфайнмента. Расчет вероятностей оптических переходов в поглощении для всех трех случаев. Оформление отчета. Защита работы.	
2.3	Экстинкция, поглощение и рассеяние света металлическими наночастицами	Рассеянное поле в рамках теории Ми. Рассеяние и поглощение шаром. Коэффициенты рассеяния. Расчет размерных зависимостей коэффициентов поглощения, экстинкции и рассеяния света наночастицами. Размерный эффект. Оформление отчета. Защита работы.	Электронный курс "Фотоника наноматериалов" для дистанционного обучения https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4052

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Введение. Предмет и задачи курса	4	-	-	4	-	8
2	Размерное квантование в простейших моделях. Квантовая механика простейших структур.	12	10	-	4	12	26
3	Правила отбора для поглощения света в полупроводниковых квантовых точках.	6		-	8		14
4	Люминесценция коллоидных квантовых точек	6		-	8		14
5	Экситоны. Эффекты экситон-	6		-	8		14

	плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах						
6	Фотодетектирование в многослойных наноструктурированных системах на основе квантовых точек	4					4
7	Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц	4					4
8	Квантовые ямы	-	8		12	8	20
9	Квантовые точки	-	20		0	10	20
10	Экстинкция, поглощение и рассеяние света металлическими наночастицами	-	6		12	6	18
	Итого:	44	44	-	56	36	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- Подготовка к практическим 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 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. 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.	Морозов В.Г. Физика низкоразмерных структур [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Морозов В.Г. — М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2019. — https://fks.mirea.ru/wp-content/uploads/Items/ФНС/Физика-низкоразмерных-структур.pdf
2.	Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — ISBN 978-5-8114-5149-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/133479 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Климов, В. В. Наноплазмоника / В. В. Климов. — Москва : Физматлит, 2010. — 479 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69490 (дата обращения: 02.11.2021). — ISBN 978-5-9221-1205-5. — Текст : электронный.
4.	Навотный Л. Основы нанооптики / Л. Навотный. - М. : Физматлит, 2009. - 482 с.
5.	Климов В.В. Наноплазмоника / В.В. Климов. — М. : Физматлит, 2009. — 480 с.
6.	Демиховский В.Я. Физика квантовых низкоразмерных структур / В.Я. Демиховский, Г.А. Вугальтер. - М. : Логос, 2000. - 250 с.
7.	Ландау Л.Д. Квантовая механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М. : Физматлит, 2001. — 803 с.
8.	Физика низкоразмерных систем / А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. - СПб. :

	Наука, 2001. - с.
9.	Борен К. 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.
10.	Андо Т. Электронные свойства двумерных систем / Т. Андо, А. Фаулер, Ф. Стерн. - М. : Мир, 1985. - 416 с.
11.	Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуенс. - М. : Техносфера, 2004. - 328 с.
12.	Неверов В.Н. Физика низкоразмерных систем: Учебное пособие. / В.Н. Неверов, А.Н. Титов. - Екатеринбург : Уральский гос. ун-т, 2008. - 232 с.

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

№ п/п	Ресурс
13.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/
14.	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/
15.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/
16.	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/
17.	Зональная научная библиотека ВГУ – http://www.lib.vsu.ru

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

№ п/п	Источник
1.	Электронный курс "Фотоника наноматериалов" для дистанционного обучения https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4052
2.	Начала оптики наночастиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / [О.В. Овчинников и др.] ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. — Загл. с титула экрана. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Текстовый файл. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-242.pdf >.
3.	Основы оптики и спектроскопии квантовых точек : учебно-методическое пособие для вузов : [для проведения специального физ. практикума студ. 1 к. магистратуры, обуч. по программам "Физика опт. явлений" и "Оптика наноструктурированных материалов" на каф. оптики и спектроскопии физ. фак. Воронеж. гос. ун-та для направления 010700 - Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост. : О.В. Овчинников и др.] — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. — 80 с. : ил. — Библиогр.: с.78-80. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-155.pdf >.
4.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в магистратуре по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, И.Г. Гревцева ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021.

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: 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 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 практического занятия - решение задач или семинар: 1. Проверка готовности студентов к занятию - их теоретическая готовность к выполнению заданий. 2. Основная часть занятия, где студенты выполняют задания, а контроль их исполнения (полнота и качество) и помощь осуществляет преподаватель. 3. Заключительная часть - подведение преподавателем итогов занятия, получение студентами заданий на самостоятельную работу.

Содержание семинара, формируется так, чтобы оно способствовало поиску дополнительных источников знаний и развитию творческого мышления, умению находить пути решения и ответы на

проблемные вопросы. По некоторым темам в задание можно включать подготовку 1 -2 докладов (сообщений) по наиболее сложным вопросам, заблаговременно назначив докладчиков.

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: Проектор BenQ MS 612ST, Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ.

Учебная аудитория для проведения семинарских занятий, текущей и промежуточной аттестации. Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитория для самостоятельной работы: 15 комп. III поколения, объединенных в сеть с выходом в Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ

Перечень необходимого программного обеспечения:

WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acadm. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ» Office Standard 2019 Single OLV NL Each Academic Edition Additional Product.

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

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. Предмет и задачи курса	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
2	Размерное квантование в простейших моделях. Квантовая механика простейших структур.	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
3	Правила отбора для поглощения света в полупроводниковых квантовых точках.	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
4	Люминесценция коллоидных квантовых точек	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
5	Экситоны. Эффекты экситон-плазмонного взаимодействия в гибридных наноструктурах	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
6	Фотодетектирование в многослойных наноструктурированных системах на основе квантовых точек	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
7	Фотокатализаторы на основе полупроводниковых наночастиц	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
8	Квантовые ямы	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
9	Квантовые точки	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
10	Экстинкция, поглощение и рассеяние света металлическими наночастицами	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Типовые задания к лекционным и практическим занятиям, индивидуальные задания, опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект 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); оценки результатов практической деятельности (решение задач, работа на семинарах). 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 практических заданий.

Примерный перечень практических заданий:

- Задание 1. Изучение возможности компьютерных программ Mathematica, MatLAB, Mathcad, Maxima. Изучение средств выполнения различных численных и аналитических (символьных) математических расчетов. Графическое представление расчетных зависимостей.

- Задание 2. Дана яма с бесконечно высокими стенками, шириной $L = xx$ нм, в которой находится частица, имеющая массу $m_{\text{eff}}^* = \text{ум}m_e$.

Определить:

- 1) Вид волновых функций ($n=1..5$).

- 2) Уровни энергий.
- 3) Зависимость энергии от вектора обратной решетки.

- Задание 3. Дана яма конечной глубины $U = z z$ эВ шириной $L = x x$ нм, в которой находится частица, имеющая массу $m_{\text{eff}}^* = u u m_e$.

Определить:

- 1) Уровни энергии.
- 2) Зависимость энергии от вектора обратной решетки.
- 3) Вид волновых функций.

- Задание 4. Рассчитать спектральные зависимости сечения экстинкции, рассеяния и поглощения металлической сферической наночастицы заданного радиуса, находящейся в среде с известным показателем преломления. Определить спектральное положение и амплитуду плазмонного резонанса.

- Задание 5. Для заданного значения длины волны произвести расчёт зависимостей сечений экстинкции, рассеяния и поглощения от радиуса сферической наночастицы в стекле. Сделать выводы о поведении максимумов полученных кривых в зависимости от размера металлических частиц.

- Задание 6. Определить влияние показателя преломления среды на спектральные зависимости сечения экстинкции, поглощения и рассеяния сферической металлической наночастицы.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к КИМ:

1. Объекты оптики наноструктур.
2. Особенности задачи взаимодействия света с наноразмерными системами.
3. Квантово-механические свойства простейших структур.
4. Экситоны Ванье-Мотта в наноструктурах.
5. Размерное квантование и энергетический спектр в квантовой яме
6. Особенности размерного квантования дырочных состояний.
7. Размерное квантование и энергетический спектр в сверхрешетке.
8. Однофотонное поглощение света квантовыми ямами.
9. Размерное квантование и энергетический спектр в квантовой точке в приближении сильного конфайнмента.
10. Размерное квантование и энергетический спектр в квантовой точке в приближении слабого конфайнмента.
11. Размерное квантование и энергетический спектр в квантовой точке в приближении промежуточного конфайнмента.
12. Выражение для вероятности оптического поглощения в квантовой точке в приближении сильного конфайнмента.
13. Выражение для вероятности оптического поглощения в квантовой точке в приближении слабого конфайнмента.
14. Выражение для вероятности оптического поглощения в квантовой точке в приближении промежуточного конфайнмента.
15. Квантово-размерный эффект в спектрах оптического поглощения коллоидных квантовых точек.
16. Межзонные и межподзонные оптические переходы в квантовых ямах.
17. Постановка задачи о дифракции электромагнитных волн на сферических наночастицах.
18. Сечения экстинкции, рассеяния и поглощения.
19. Оптическая теорема
20. Теория Ми.
21. Уравнения Максвелла в сферической системе координат.
22. Представление составляющих полей в теории Ми через потенциалы. Граничные условия.
23. Решение уравнений для потенциалов.
24. Составляющие падающих полей в теории Ми.
25. Дифрагированные поля и интенсивности в теории Ми.

26. Сечения рассеяния и экстинкции света наночастицами.
27. Сходимость рядов в выражениях для сечений рассеяния и экстинкции в задаче Ми.
28. Резонансы Ми.
29. Формулы для интенсивностей рассеянного света.
30. Коллективные колебания электронов массивного металла и наночастицы.
31. Формула Рэлея.
32. Природа оптических резонансов и размерных эффектов в металлических наночастицах.
33. Концепция локализованных плазмонов и эффект размера в металлических наночастицах. Теория и эксперимент.
34. Спектральные свойства коллоидных частиц.
35. Экспериментальные предпосылки рассмотрения задачи о поглощении и рассеянии света.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – оценка. В приложение к диплому вносится оценка.

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
<i>Посещение лекционных и практических занятий. Правильно выполненные задания практических работ. 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>Неудовлетворительно</i>