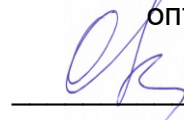


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии



(Овчинников О.В.)

05.06.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 Введение в нанооптику

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
7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ, протокол №6 от 04.06.2025
8. Учебный год: 2025/2026 Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование профессиональной компетенции студентов физического факультета, обучающихся по магистерской программе "Оптика и нанофотоника" в области наноплазмоники и оптики ближнего поля, подготовка специалистов, владеющих современными теоретическими знаниями, экспериментальными методами научно-исследовательской работы и прикладной деятельности в области физики и оптики наноструктур.

Задачи учебной дисциплины:

- дать современные представления об оптических свойствах наноструктур;
- изложить теоретические методы описания оптических свойств наноструктур и оптики ближнего поля;
- получить набор знаний, умений и навыков по тем разделам квантовой физики и оптики твёрдого тела, которые обеспечивают полноценное освоение основных понятий, методов и приложений оптики наноструктур.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: 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 выпускников):

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-1.3	Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов.	Знать: основные аспекты теории Ми, а также физики размерных эффектов в оптических свойствах металлических наночастиц, включая вопросы наноплазмоники. Уметь: решать прикладные задачи электродинамики на примере центральной проблемы в оптической спектроскопии, связанной с нахождением резонансов в спектрах экстинкции, рассеяния и поглощения света наночастицами. Владеть: знаниями теории Ми и размерных эффектов в оптических свойствах металлических наночастиц.
ПК-2	Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов, проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства	ПК-2.2 ПК-2.3	Умеет разрабатывать технические задания на экспериментальную проверку технологических процессов и испытания выбранных наноструктурных материалов в рамках разработанной концепции и утвержденных экспериментальных методик; Анализирует	

	оптических и акустооптических приборов, исследовать параметры наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой		состояние научно-технической проблемы, систематизирует и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований в области квантовой электроники и фотоники и наноструктурных материалов	
ПК-5	Способен к участию в комплексных проектах в области оптики и нанофотоники на всех стадиях и этапах выполнения работ, самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена научного коллектива	ПК-5.1	Анализирует научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки в соответствующей области знаний	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час - 2/72.

Форма промежуточной аттестации зачет

13 Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1
Аудиторные занятия		30	30
в том числе:	лекции	30	30
	практические		
	лабораторные		
Самостоятельная работа		42	42
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <i>зачет</i>			
Итого:		72	72

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
01	<i>Введение. Предмет и задачи курса " Основы нанооптики".</i>	<i>Введение. Предмет и задачи курса " Основы нанооптики". Поглощение и рассеяние света наночастицами. Особенности задачи взаимодействия света с наночастицами. Сечения</i>

		<i>экстинкции, рассеяния и поглощения. Оптическая теорема.</i>
02	<i>Основы классической теории экстинкции, рассеяния и поглощения света наночастицами</i>	<i>Теория Ми. Постановка задачи о дифракции электромагнитных волн на сферических наночастицах. Уравнения Максвелла в сферической системе координат. Представление составляющих полей в теории Ми через потенциалы. Граничные условия. Решение уравнений для потенциалов. Составляющие падающих полей в теории Ми. Дифрагированные поля и интенсивности в теории Ми. Сечения рассеяния и экстинкции света наночастицами. Сходимость рядов в выражениях для сечений рассеяния и экстинкции в задаче Ми. Формулы для интенсивностей рассеянного света. Формула Рэлея.</i>
03	<i>Анализ экспериментальных спектров экстинкции света наночастицами</i>	<i>Спектральные свойства коллоидных частиц. Резонансы Ми. Экспериментальные предпосылки рассмотрения задачи о поглощении и рассеянии света наночастицами.</i>
04	<i>Введение в наноплазмонику</i>	<i>Природа оптических резонансов и размерных эффектов в металлических наночастицах. Коллективные колебания электронов массивного металла и наночастицы. Концепция локализованных плазмонов и эффект размера в металлических наночастицах. Теория и эксперимент.</i>
05	<i>Оптика ближнего поля</i>	<i>Проблема преодоления дифракционного предела в оптике. Задача Бетэ. Принцип микроскопа ближнего поля. Технические приемы преодоления дифракционного предела. Поверхностные и локализованные плазмоны и оптика ближнего поля.</i>

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
01	<i>Введение. Предмет и задачи курса " Поглощение и рассеяние света наночастицами "</i>	1	0	0	0	1
02	<i>Основы классической теории экстинкции, рассеяния и поглощения света наночастицами</i>	14	0	0	12	28
03	<i>Анализ экспериментальных спектров экстинкции света наночастицами</i>	4	0	0	10	14
04	<i>Введение в наноплазмонику</i>	3	0	0	14	17
05	<i>Оптика ближнего поля</i>	8	0	0	6	14
	Итого	30	0	0	42	72

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 лекционным занятиям.

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

а) основная литература:

б) дополнительная литература:

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачкиники,

методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения = <i>Fundamentals of photonics</i> : [учебное пособие] : [в 2 т.] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В.Л. Деброва .— Долгопрудный : Изд. Дом "Интеллект", 2012- Т. 1 .— 2012 .— 759 с
2	Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения = <i>Fundamentals of photonics</i> : [учебное пособие] : [в 2 т.] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В.Л. Деброва .— Долгопрудный : Изд. Дом "Интеллект", 2012- .— Т. 2 .— 2012 .— 780 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: 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.

Текущий контроль проводится путем проверки конспектов лекций, 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.

1	Поисковая система e-library.ru
2	Поисковая система google.ru
3	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
4	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
6	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных

и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each Academic Edition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

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	Знать: основные аспекты теории Ми, а также физики размерных эффектов в оптических свойствах металлических наночастиц, включая вопросы наноплазмоники. Уметь: решать прикладные задачи электродинамики на примере центральной проблемы в оптической спектроскопии, связанной с нахождением резонансов в спектрах экстинкции, рассеяния и поглощения света наночастицами. Владеть: знаниями теории Ми и размерных эффектов в оптических свойствах металлических наночастиц, а также основами оптики ближнего поля.	Введение. Предмет и задачи курса " Поглощение и рассеяние света наночастицами Основы классической теории экстинкции, рассеяния и поглощения света наночастицами Анализ экспериментальных спектров экстинкции света наночастицами Введение в наноплазмонику Дифракционный предел в оптике Оптика ближнего поля	Устный опрос.

выбранной и утвержденной методикой ПК-5. Способен к участию в комплексных проектах в области оптики и нанофотоники на всех стадиях и этапах выполнения работ, самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена научного коллектива			
Промежуточная аттестация (зачет)			КИМ

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

Для оценивания результатов обучения на зачете 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 лабораторных занятий. Правильно и вовремя выполненные лабораторные задания. Правильные ответы на контрольные вопросы во время зачета.</i>	<i>Повышенный базовый и пороговый уровни</i>	<i>зачтено</i>
<i>Систематические пропуски занятий без уважительных причин. Невыполненные лабораторные задания. Неверно сформулированные ответы на контрольные вопросы во время зачета.</i>	–	<i>незачтено</i>

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Что такое “нанооптика”.
2. Поглощение и рассеяние света наночастицами.
3. Особенности задачи взаимодействия света с наночастицами.
4. Сечения экстинкции, рассеяния и поглощения.
5. Оптическая теорема.
6. Теория Ми.
7. Постановка задачи о дифракции электромагнитных волн на сферических наночастицах.

8. Уравнения Максвелла в сферической системе координат.
 9. Представление составляющих полей в теории Ми через потенциалы.
 10. Граничные условия.
 11. Решение уравнений для потенциалов.
 12. Составляющие падающих полей в теории Ми.
 13. Дифрагированные поля и интенсивности в теории Ми.
 14. Сечения рассеяния и экстинкции света наночастицами.
 15. Сходимость рядов в выражениях для сечений рассеяния и экстинкции в задаче Ми.
 16. Формулы для интенсивностей рассеянного света. Формула Рэлея.
 17. Спектральные свойства коллоидных частиц. Резонансы Ми.
 18. Экспериментальные предпосылки рассмотрения задачи о поглощении и рассеянии света наночастицами.
 19. Природа оптических резонансов и размерных эффектов в металлических наночастицах.
 20. Коллективные колебания электронов массивного металла и наночастицы.
 21. Концепция локализованных плазмонов и эффект размера в металлических наночастицах.
- Теория и эксперимент.
22. Проблема преодоления дифракционного предела в оптике.
 23. Задача Бетэ.
 24. Принцип микроскопа ближнего поля.
 25. Технические приемы преодоления дифракционного предела.
 26. Поверхностные и локализованные плазмоны и оптика ближнего поля.

Фонд контрольно-измерительных материалов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. __. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Предмет и задачи курса " Поглощение и рассеяние света наночастицами".
2. Экспериментальные предпосылки рассмотрения задачи о поглощении и рассеянии света наночастицами..

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. __. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Особенности задачи взаимодействия света с наночастицами. Сечения экстинкции, рассеяния и поглощения.
2. Природа оптических резонансов и размерных эффектов в металлических наночастицах.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. __. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Сечения экстинкции, рассеяния и поглощения. Оптическая теорема.
2. Концепция локализованных плазмонов и эффект размера в металлических наночастицах. Теория и эксперимент.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. ___. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Теория Ми. Постановка задачи о дифракции электромагнитных волн на сферических наночастицах. Уравнения Максвелла в сферической системе координат.

2. Резонансы Ми..

Преподаватель _____
подпись, расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. ___. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Составляющие падающих полей в теории Ми. Дифрагированные поля и интенсивности в теории Ми.

2. Спектральные свойства коллоидных частиц..

Преподаватель _____
подпись, расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. ___. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Сечения рассеяния и экстинкции света наночастицами. Сходимость рядов в выражениях для сечений рассеяния и экстинкции в задаче Ми.

2. Природа оптических резонансов и размерных эффектов в металлических наночастицах.

Преподаватель _____
подпись, расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. ___. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Сходимость рядов в выражениях для сечений рассеяния и экстинкции в задаче Ми. Формулы для.
2. Природа оптических резонансов и размерных эффектов в металлических наночастицах.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи
___. ___. 20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 - Физика
Дисциплина Некоторые вопросы прикладной электродинамики в оптике
Форма обучения очная
Вид контроля зачет с оценкой
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Теория Ми. Постановка задачи о дифракции электромагнитных волн на сферических наночастицах. Уравнения Максвелла в сферической системе координат.
2. Спектральные свойства коллоидных частиц. Резонансы Ми.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи