

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.)

05.06.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.02 Материалы нанوفотоники

1. Код и наименование направления подготовки: 03.04.02 Физика
2. Профиль подготовки: Оптика и нанопотоника
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
1. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
2. Составители программы: Леонова Лиана Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент
3. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ, протокол №6 от 04.06.2025
8. Учебный год: 2025/2026 Семестр(ы): 2

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 фотоники наноматериалов и построения приборов для обработки, хранения, передачи информации на их основе.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомить студентов с современными проблемами, стратегиями и инновациями современного материаловедения в области оптически-активных наноматериалов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02"Материалы нанофотоники" относится к вариативной части блока Б1. Для освоения данной дисциплины необходимы базовые знания по квантовой механике, физике твёрдого тела, физике конденсированного состояния.

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-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	ПК-2.1	Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических свойств и параметров наноструктурных материалов и комплектующих для разработки технологических процессов	знать: принципы построения баз данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов уметь: 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-2.2	Умеет разрабатывать технические задания на экспериментальную проверку технологических процессов и испытания выбранных наноструктурных материалов в рамках разработанной концепции и утвержденных экспериментальных методик	владеть: методиками экспериментальной проверки выбранных технологических решений производства оптических и акустооптических приборов, исследования параметров наноструктурных материалов в

	выбранной и утвержденной методикой	ПК-2.3	Анализирует состояние научно-технической проблемы, систематизирует и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований в области квантовой электроники и фотоники и наноструктурных материалов	соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой
--	------------------------------------	--------	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестациизачёт

13 Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2
Аудиторные занятия		48	30
в том числе:	лекции	32	32
	практические		
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		60	60
Форма промежуточной аттестации (экзамен - час.)		36	36
Итого:		144	144

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение. Особенности наноструктур и наноструктурированных материалов	Общие представления о материалах нанофотоники.
2	Оптические свойства наноматериалов. Размерные эффекты	Эффекты квантового ограничения в полупроводниковых структурах. Энергетический спектр, оптический спектр поглощения.
3	Основы технологии наноматериалов	Нанотехнологии, методы получения наноматериалов, методы измерения, исследования и формирования наноструктур.
4	Теоретическое обоснование формирования наноструктурированных материалов	Особенности физических взаимодействий на наномасштабах. Квантовая механика нанообъектов. Квантово-размерный эффект.
5	Теоретическое обоснование физических свойств наноструктурированных материалов	Физико-химические свойства основных типов наносистем: одномерные, двумерные и трехмерные наносистемы, рассеянное поле в рамках теории Ми.
6	Распространение электромагнитных волн в периодических средах	Сверхрешетки. Модели сверхрешеток разной размерности. Распространение электромагнитного излучения в периодических структурах.
7	Фотонные кристаллы. Фотонные зоны	Фотонная запрещенная зона. Спектр отражения и пропускания. Дефекты в фотонных кристаллах, плотность фотонных состояний

8	Исследование спектров пропускания оптических абсорбционных и интерференционных фильтров	Лабораторная работа
---	---	---------------------

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Введение. Особенности наноструктур и наноструктурированных материалов	2			5	5	12
2	Оптические свойства наноматериалов. Размерные эффекты	6			5	5	16
3	Основы технологии наноматериалов	4			5	5	
4	Теоретическое обоснование формирования наноструктурированных материалов	8			5	5	18
5	Теоретическое обоснование физических свойств наноструктурированных материалов	4			5	5	14
6	Распространение электромагнитных волн в периодических средах	4			5	5	14
7	Фотонные кристаллы. Фотонные зоны	4			5	3	12
8	Исследование спектров пропускания оптических абсорбционных и интерференционных фильтров			16	25	3	44
	Итого	32		16	60	36	144

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 лабораторным 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.

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	Кирчанов В.С. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: учебное пособие / В.С.Кирчанов – Пермь. Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та 2019 - 221с. https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Fizicheskie_osnovi_nanotehnologiyi_fotoniki_i_optoinformatiki_mag.pdf
2	Кирчанов В.С. Наноматериалы и нанотехнологии: учебное пособие / В.С. Кирчанов; Пермский нац. иссл. политех. ун-т. – Пермь. Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та 2016- 193 с. https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Nanomaterialy_i_nanotehnologii_bak.pdf

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Основы физики гибридных наноструктур / А.В.Федоров, А.В.Баранов, А.О. Орлова, В.Г. Маслов. - Учебное пособие. - СПб: СПб НИУ ИТМО, 2014. – 122 с. https://books.ifmo.ru/file/pdf/1642.pdf
4	<u>Игнатов А.Н.</u> Оптоэлектроника и нанофотоника : [учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки "Электроника и наноэлектроника" и "Телекоммуникации"] / А.Н. Игнатов .— Санкт-Петербурге ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011 .— 538 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.526-530.
5	Возианова А.В. Нанофотоника. Часть 1 [Учебное пособие] / А.В. Возианова, М.К. Ходзицкий . — Санкт-Петербурге : НИУ ИТМО, 2013 .— 93 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.91-93.
6	<u>Носов, Юрий Романович.</u> Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов .— М. : Советское радио, 1977 .— 230,[2] с.
7	Оптоэлектроника / О.Н. Ермаков [и др.] .— М. : Янус-К, 2010- .— (Электроника в техническом университете. Прикладная электроника / под общ. ред. И.Б.Федорова) .— ISBN 978-5-8037-0505-5.
8	<u>Игнатов А.Н.</u> Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие / А.Н. Игнатов .— Москва : Эко-трендз, 2006. — 272 с. : ил.,
9	<u>Карих Е.Д.</u> Оптоэлектроника: Учеб. пособие для студ. специальностей "Радиофизика", "Физическая электроника" вузов / Е.Д. Карих .— Минск : БГУ, 2000 .— 262, [1] с. — ISBN 985-445-277-8 : 30.00.
10	<u>Носов, Юрий Романович.</u> Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов .— М. : Советское радио, 1977 .— 230,[2] с.
11	Страховский Г.М., Основы квантовой электроники / Г.М. Страховский, А.В. Успенский - М. : Высшая школа, 1973. - 312 с.
12	Ярив А. Квантовая электроника / А. Ярив - М. : Советское радио, 1980. - 488 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
13	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
14	ЭБС "Издательства "Лань" https://e.lanbook.com
15	ЭБС "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru
16	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» (ЭБС «Консультант студента») http://www.studmedlib.ru
17	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" http://rucont.ru
18	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» https://urait.ru
19	Поисковая система e-library.ru
20	Поисковая система google.ru
21	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/

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	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 >.
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	Электронный курс "Материалы нанофотоники" для дистанционного обучения https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=5632

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.

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:

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: OCWindows (WinPro 8 RUSUpgrdOLPNLAcademic), MicrosoftOffice (OfficeSTD 2013 RUSOLPNLAcademic). 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.

Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации

Учебно-научная аудитория, оснащенная оборудованием для проведения лабораторных занятий: волоконно-оптический спектральный комплекс фирмы Ocean Optics базе спектрометра USB-2000+XR1 с источником излучения USB-DT

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-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: принципы построения баз данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов уметь: 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 владеть: методиками экспериментальной проверки выбранных технологических решений производства оптических и акустооптических приборов, исследования параметров наноструктурных материалов в соответствии с самостоятельно выбранной и утвержденной методикой	Разделы 1-8	Устный опрос
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):

- знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- умение связывать теорию с практикой;
- умение описывать основные характеристики, методики контроля и допуски на параметры оптических деталей;
- владение знаниями о современных методиках контроля параметров оптических деталей.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

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

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

1. Принцип размерного квантования
2. Условия наблюдения квантовых размерных эффектов
3. Структуры с двумерным электронным газом (тонкие пленки). Структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити).
4. Структуры с нуль-мерным электронным газом (квантовые точки). Структуры с вертикальным переносом.
5. Плотность состояний в электронных системах пониженной размерности
6. Примесные состояния и экситоны в низкоразмерных структурах.
7. Проблемы технологии квантово-размерных структур.
8. Методы молекулярно-лучевой эпитаксии.
9. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.
10. Методы нанолитографии.
11. Самоорганизация квантовых точек и нитей. Режимы роста гетероэпитаксиальных структур.
12. Золь-гель метод получения наноструктур.
13. Фотонные кристаллы. Синтез и свойства фотонных кристаллов. Испускание и рассеяние излучения в фотонных кристаллах.
14. Оптические резонансные свойства металлических наночастиц. Резонансы Ми.
15. Сверхрешетки. Модели сверхрешеток разной размерности.
16. Распространение электромагнитного излучения в периодических структурах.
17. Теория интерференционного фильтра.

19.3.2. Контрольно-измерительный материал

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

____.____.20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 – Физика
Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Материалы нанوفотоники
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №1

1. Принцип размерного квантования.
2. Примесные состояния и экситоны в низкоразмерных структурах.

Преподаватель _____
подпись Леонова Л.Ю.
расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

____.____.20__

Направление подготовки / специальность 03.04.02 – Физика
Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Материалы нанوفотоники
Форма обучения очная
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал №2

1. Плотность состояний в электронных системах пониженной размерности.
2. Оптические резонансные свойства металлических наночастиц.
Резонансы Ми.

Преподаватель _____
подпись Леонова Л.Ю.
расшифровка подписи

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по

программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); тестирования; оценки результатов практической деятельности (выполнение лабораторных работ). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше