

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

**УТВЕРЖДАЮ**

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

14.06.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.02.01 Устройства нанофотоники**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:  
03.04.02 – Физика
2. Профиль подготовки /специализации/ магистерская программа:  
Оптика и нанофотоника
3. Квалификация (степень) выпускника: высшее образование (магистр)
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:  
кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Смирнов Михаил Сергеевич  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)  
доктор физико-математических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)
8. Учебный год: 2024/2025 Семестр(ы): 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

**Целями освоения учебной дисциплины являются:** познакомить студентов, обучающихся по программе "Оптика и нанофотоника", с основными устройствами фотоники, конструируемыми прежде всего на основе наноматериалов.

### **Задачи учебной дисциплины:**

- изучить основные принципы конструирования устройств нанофотоники.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Курс Б1.В.ДВ.02.01 "Устройства нанофотоники" является дисциплиной по выбору вариативной части цикла 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-3	Способен к разработке и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов	ПК-3.1	Анализирует научно-техническую информацию по разработке оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	<b>Знать:</b> способы разработки и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов <b>Уметь:</b> разрабатывать и оптимизировать технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов <b>Владеть:</b> приёмами разработки и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов
		ПК-3.2	Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, определяет требования к параметрам разрабатываемой оплотехники	
		ПК-3.3	Планирует проектные и исследовательские работы, проектирует технологический процесс производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов, умеет разрабатывать технологическую документацию, координировать деятельность рабочих групп	

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

**Форма промежуточной аттестации *зачёт с оценкой***

**13 Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		1
Аудиторные занятия	30	30
в том числе:	лекции	30
	практические	
	лабораторные	
Самостоятельная работа	114	114
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации <i>Зачет с оценкой</i>		
Итого:	144	144

### 13.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	<i>Введение в нанофотонику</i>	<i>Классификация низкоразмерных объектов. Оптические свойства наноматериалов: металлические кластеры, полупроводниковые кластеры, квантовые ямы, квантовые точки. Использование квантоворазмерных эффектов для создания источников излучения.</i>
2	<i>Нанозлектронные лазеры</i>	<i>Нанозлектронные лазеры с горизонтальными резонаторами. Нанозлектронные лазеры с вертикальными резонаторами. Оптические модуляторы</i>
3	<i>Нанозлектронные устройства на жидких кристаллах</i>	<i>Общие сведения. Электрооптический модулятор. Светоклапанные модуляторы. Плоские телевизоры, дисплеи и светоклапанные модуляторы видеопрокторов. Жидкокристаллические дисплеи широкого применения.</i>
4	<i>Излучающие приборы на основе органических наноматериалов</i>	<i>Общие сведения. Органические светодиоды. Технологии получения органических светодиодов. Получение цветного изображения в OLED-дисплеях. Использование MEMS-ключей вместо транзисторов в AMOLED. Состояние разработок устройств и систем на основе органических светодиодов.</i>
5	<i>Фотоприемные нанозлектронные приборы</i>	<i>Фотоприемники на квантовых ямах. Фотоприемники на основе квантовых точек</i>
6	<i>Фотоматрицы широкого применения</i>	<i>Общие сведения. Характеристики матриц. Типы матриц по применяемой технологии. Методы получения цветного изображения в фотоматрицах</i>

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	<i>Введение в нанофотонику</i>	5	-	-	19	24
2	<i>Нанозлектронные лазеры</i>	5	-	-	19	24
3	<i>Нанозлектронные устройства на жидких кристаллах</i>	5	-	-	19	24
4	<i>Излучающие приборы на основе органических наноматериалов</i>	5	-	-	19	24
5	<i>Фотоприемные нанозлектронные приборы</i>	5	-	-	19	24

6	Фотоматрицы широкого применения	5	-	-	19	24
Итого:		30			114	144

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

- 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.

#### 15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

(список оформляется в соответствии с требованиями ГОС и ФГОС, используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : [учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки "Электроника и наноэлектроника" и "Телекоммуникации"] / А.Н. Игнатов .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011 .— 538 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.526-530.
2.	Щапова, И. А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники : учебное пособие / И. А. Щапова. – 4-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2022. – 235 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=103827">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=103827</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Носов, Ю.Р. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов .— М. : Советское радио, 1977 .— 230,[2] с.
4.	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.
5.	Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие / А.Н. Игнатов .— Москва : Эко-трендз, 2006. — 272 с. : ил.,
6.	Карих Е.Д. 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.
7.	Носов, Юрий Романович. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов .— М. : Советское радио, 1977 .— 230,[2] с.
8.	Страховский Г.М., Основы квантовой электроники / Г.М. Страховский, А.В. Успенский - М. : Высшая школа, 1973. - 312 с.
9.	Ярив А. Квантовая электроника / А. Ярив - М. : Советское радио, 1980. - 488 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
10.	Поисковая система <a href="http://e-library.ru">e-library.ru</a>
11.	Поисковая система <a href="http://google.ru">google.ru</a>
12.	Архив научных журналов <a href="http://arch.neicon.ru/">http://arch.neicon.ru/</a>
13.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
14.	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a>

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

№ п/п	Источник
1.	Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки "Электроника и наноэлектроника" и "Телекоммуникации" / А.Н. Игнатов .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2011 .— 538 с. : ил., табл. — Библиогр. : с.526-530.
2.	Носов, Ю. Р. Оптоэлектроника / Ю.Р. Носов .— М. : Советское радио, 1977 .— 230 с.
3.	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.
4.	Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие / А.Н. Игнатов .— Москва : Эко-трендз, 2006. — 272 с.
5.	Карих Е.Д. 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.
6.	Носов, Юрий Романович. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов .— М. : Советское радио, 1977 .— 230,[2] с.
7.	Страховский Г.М., Основы квантовой электроники / Г.М. Страховский, А.В. Успенский - М. : Высшая школа, 1973. - 312 с.
8.	Ярив А. Квантовая электроника / А. Ярив - М. : Советское радио, 1980. - 488 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 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 <a href="http://arch.neicon.ru/">http://arch.neicon.ru/</a>
4	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a>
6	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ <a href="http://lib.mexmat.ru">lib.mexmat.ru</a>

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

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-3 Способен к разработке и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов	<p><b>Знать:</b> способы разработки и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать и оптимизировать технологии производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов.</p> <p><b>Владеть:</b> приёмами разработки и оптимизации технологий производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов</p>	Разделы 1-6	Устный опрос
Промежуточная аттестация (зачёт с оценкой)			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;

4) 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,	Повышенный уровень	Отлично

<i>фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</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 зачёту с оценкой:**

1. Классификация низкоразмерных объектов.
2. Оптические свойства наноматериалов: металлические кластеры, полупроводниковые кластеры, квантовые ямы, квантовые точки
3. Оптические свойства наноматериалов: металлические кластеры, полупроводниковые кластеры, квантовые ямы, квантовые точки.
4. Использование квантоворазмерных эффектов для создания источников излучения.
5. Электрооптический модулятор.
6. Светоклапанные модуляторы.
7. Оптические модуляторы.
8. Наноэлектронные лазеры с горизонтальными резонаторами.
9. Наноэлектронные лазеры с вертикальными резонаторами.
10. Органические светодиоды. Технологии получения органических светодиодов.
11. Получение цветного изображения в OLED-дисплеях. Использование MEMS-ключей вместо транзисторов в AMOLED.
12. Состояние разработок устройств и систем на основе органических светодиодов.
13. Фотоприемные наноэлектронные приборы.
14. Фотоматрицы широкого применения.

## 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.02.01 Устройства нанофотоники  
Форма обучения очная  
Вид контроля зачёт с оценкой  
Вид аттестации промежуточная

### Контрольно-измерительный материал №1

1. Электрооптический модулятор.
2. Фотоприемные нанoeлектронные приборы.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Смирнов М.С.  
*подпись 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.02.01 Устройства нанофотоники  
Форма обучения очная  
Вид контроля зачёт с оценкой  
Вид аттестации промежуточная

### Контрольно-измерительный материал №2

1. Светоклапанные модуляторы.
2. Фотоматрицы широкого применения.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Смирнов М.С.  
*подпись 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.