

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

14.06.2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03 Лазеры в фотонике и оптоинформатике

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/специализация: Материалы и устройства фотоники
и оптоинформатики

3. Квалификация выпускника: высшее образование (магистр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Татьянина Е. П., к. ф.-м. н., 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:

формирование понимания о физических принципах работы лазера; целостного представления о применениях лазеров в фотонике и оптоинформатике.

Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть теоретические основы лазерных приборов и систем;
- изучить принцип действия и устройство лазера, свойства лазерного излучения;
- рассмотреть подходы к решению реальных задач: оценки условий эксплуатации, выбора технологий, формирования структуры лазерных систем и требований к их функциональным характеристикам; техническая реализация лазерных комплексов, оценка технологических параметров и описание конкретных примеров.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: 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 фотоники и оптоинформатики	ПК – 3.1	Проводит научные исследования в области фотоники, используя специализированное исследовательское оборудование, приборы и установки	Знать: современное состояние и перспективы развития лазерной физики и техники Уметь: самостоятельно выбирать наиболее подходящие методы и оборудование для исследований в области фотоники Владеть: принципами управления лазеров различных типов в зависимости от их технических характеристик
		ПК – 3.2	Применяет знания физических принципов работы приборов квантовой электроники и фотоники, базовых технологических процессов создания наноматериалов и устройств фотоники и оптоинформатики	Знать: техническое и экономическое обоснование лазерных технологий Уметь: определять эффективность использования оборудования по данным спецификации производителя, составить требуемую спецификацию приемника для планируемого эксперимента Владеть: навыками подбора для конкретной задачи лазерной техники, делать расчетную оценку и выполнять экспериментальное исследование его основных параметров и характеристик

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		1
Аудиторные занятия	30	30
в том числе:	лекции	30
	практические	
	лабораторные	14

Самостоятельная работа	64	64
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации: <i>зачет</i>		
Итого:	108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	Классическая схема лазера. Активные среды. Методы инверсии населенностей. Оптические резонаторы. Свойства лазерного излучения.
2.	Лазеры в измерительных системах	Измерение расстояний, получение объемных изображений, оптические методы измерения скорости, метрология времени, частоты и длины. Дальномеры.
3.	Лазеры в информационных системах	Лазерные системы управления. Оптические каналы связи, хранение и обработка информации.
4.	Оптические процессоры и интегральная оптика	Принципы проектирования оптических вычислительных устройств. Оптические процессоры. Физические принципы интегральной оптики.
5.	Лазеры ультракоротких импульсов и их применение.	Принципы получения света в виде импульсов. Метод синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация мод. Схемы фемтосекундных лазеров. Применения, основанные на: минимальной длительности импульса; на особенности спектра фемтосекундных лазеров непрерывного действия; на высокой мощности интенсивности и напряженностей полей в световой волне.
2. Лабораторный практикум		
1.	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	Экспериментальное определение профиля лазерного пучка

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практ.	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	2		14	8	24
2.	Лазеры в измерительных системах	6			12	18
3.	Лазеры в информационных системах	6			12	18
4.	Оптические процессоры и интегральная оптика	6			12	18
5.	Лазеры ультракоротких импульсов и их применение	10			20	30
	Итого:	30		14	64	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций

- 2) Лабораторные занятия. При подготовке к лабораторным занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой лабораторной работы, прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; составить краткий конспект, в котором указать цель работы, оборудование, описание установки и методики измерения; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю
- 3) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 4) Подготовка к аттестации. 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.	<i>Лазеры: применения и приложения : учебное пособие / А. С. Борейшо, В. А. Борейшо, И. М. Евдокимов, С. В. Ивакин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 520 с. — ISBN 978-5-8114-2234-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168977</i>
2.	<i>Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники : учебное пособие / Б.Н. Пойзнер. — 2-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/textbook_592d268c487362.64807642. - ISBN 978-5-16-012817-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1214884</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	<i>Байборodin Ю. В. Основы лазерной техники. Второе издание, переработанное и дополненное. — К.: Высш шк. Головное изд-во, 1988.— 383 с. ISBN 5—11—000011—5.</i>
4.	<i>Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 312 с</i>
5.	<i>Звелто О. Принципы лазеров: Пер. с англ.-3-е перераб. и доп. 3 изд. -М.: Мир, 1990. -560 с., ил</i>

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

№ п/п	Ресурс
6.	<i>Электронно-библиотечная система BOOK.ru https://www.book.ru/</i>
7.	<i>ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/</i>
8.	<i>ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/</i>
9.	<i>ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/</i>
10.	<i>ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/</i>
11.	<i>Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – http://rucont.ru</i>

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.	Борейшо А. С., Ивакин С. В. Б 82 Лазеры: устройство и действие: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 304 с.: ил. (+вклейка, 8 с.). — (Учебники для вузов. Специальная литература).
2.	Крюков П.Г Лазеры ультракоротких импульсов и их применение / учебное пособие, Долгопрудный: ИД "Интеллект", 2012–200 стр.
3.	Физические основы квантовой и оптической электроники: методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / С.М. Шандаров; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 47 с. https://edu.study.tusur.ru/publications/3483
4.	А. Л. Дмитриев. Оптические системы передачи информации /Учебное пособие. - СПб: СПбГУИТМО, 2007. - 96 с.
5.	Вейко В.П., Шахно Е.А. Лазерные технологии в задачах и примерах: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 88 с

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

При реализации дисциплины «Лазеры в фотонике и оптоинформатике» используются дистанционные образовательные технологии и смешанное обучение.

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 (ауд. 428): специализированная мебель, ноутбук, мультимедиа-проектор, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ» 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, этаж – 4, пом. 126

Учебно-научная лаборатория (ауд. 132): блоки питания лабораторные НУ3005 (Mastech), блоки питания лабораторные НУ3020 (Mastech), лазерный модуль/блок пит., поворотн. креплен.; лазерный модуль LM-650180 (блок пит., креп. поворотн.). 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, этаж – 1, пом. 137

Учебная аудитория (ауд. 129): специализированная мебель 394018, г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, этаж – 1, пом. 141

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.	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	Вопросы, тест
2.	Лазеры в измерительных системах	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	Вопросы, тест
3.	Лазеры в информационных системах	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	Вопросы, тест

4.	Оптические процессоры и интегральная оптика	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы, тест</i>
5.	Лазеры ультракоротких импульсов и их применение	ПК –3	ПК-3.1 ПК-3.2	<i>Вопросы, тест</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				<i>Вопросы, тест</i>

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы для контроля освоения дисциплины, которые формулируются преподавателем по окончании занятия для закрепления пройденного материала или для подготовки к последующим занятиям. На следующем занятии преподаватель осуществляет устный или письменный опрос.

Пример вопросов (заданий) для текущего контроля усвоения дисциплины:

Сформулируйте следующие основные понятия (укажите смысл терминов):

– вынужденное излучение, инверсия населенностей, лазерная активная среда, лазерный переход, оптический резонатор, амплитудные условия генерирования лазерного излучения, фазовое условие генерирования лазерного излучения, мода лазерного излучения, накачка лазера, кпд лазера, газокинетическая передача энергии, оптическая накачка, электроионизационный тип накачки, тепловая накачка, ударно-излучательная рекомбинация, ондуляторное излучение, синхротронное излучение, общие принципы получения коротких импульсов света, метод пассивной синхронизации мод, лазер фемтосекундных импульсов непрерывного действия, усиления ультракоротких импульсов, измерение длительности ультракоротких импульсов.

20.2. Промежуточная аттестация

Оценка на зачете (зачтено) может быть выставлена по результатам текущего контроля успеваемости при выполнении всех следующих условий обучающимся:

- посещение 80% и более лекционных занятий;
- пропуск не более 1 лабораторного занятия (без уважительной причины) с последующей отработкой;
- успешно пройдена текущая аттестация (положительная оценка по результатам выполнения индивидуальных заданий; выполнение лабораторной работы и оформление отчета).

В случае невыполнения обозначенных условий, студент вправе сдавать зачет по материалам КИМ. КИМ содержит 5 вопросов (по одному вопросу на каждый раздел дисциплины) и позволяет проверить освоение материала дисциплины. Положительная оценка (зачтено) выставляется, если студент продемонстрирует владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины. Если обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, то выставляется оценка «не зачтено»

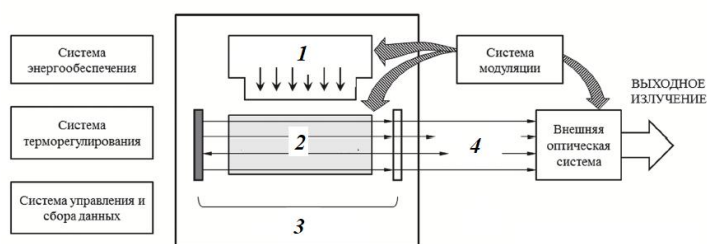
Примерные вопросы для зачета по дисциплине:

1. Что ограничивает диапазон и точность измерений лазерных дальномеров?
2. Есть ли опасность для глаз при использовании лазерных дальномеров?
3. В чем особенность измерений расстояний в космических масштабах?
4. Каковы отличия амплитудной и фазовой модуляции лазерного излучения и в чем их преимущества и недостатки?
5. В чем заключается сложность измерения больших дистанций методами интерферометрии?
6. В чем отличие сканирующих лидаров от флэш-лидаров?
7. В каких спектральных диапазонах работают лидары, регистрирующие пространственные изображения?
8. Какие факторы ограничивают пространственное разрешение и дальность действия 3D-лидаров?
9. На каких принципах основаны оптические измерения скорости?
10. Каковы требования к источнику излучения лазерного радара?
11. Каковы требования к источнику излучения доплеровского измерителя скорости?

12. Какие физические эффекты определяют действие механического и оптического гироскопов?
13. В чем преимущество оптических гироскопов перед механическими?
14. Чем отличаются кольцевой лазерный и волоконно-оптический гироскопы?
15. От чего зависят точность измерений и стабильность оптических гироскопов?
16. Почему возникла необходимость перехода от материального эталона длины к оптическому?
17. За счет чего достигается стабильность атомных часов?
18. Дайте описание принципа лазерного охлаждения атомов.
19. Объясните необходимость использования высокочастотной несущей для передачи информации на большой скорости.
20. Каковы основные преимущества и недостатки лазерной связи по сравнению с традиционными радиоволнами?
21. Чем обусловлена популярность оптического диапазона 1.5 мкм для передачи информации по оптоволокну?
22. Какие факторы оказывают определяющее влияние на дальность передачи в атмосферных линиях связи?
23. Чем обусловлены трудности передачи информации с помощью света в водной среде?
24. Какие длины волн оптического диапазона лучше всего подходят для передачи информации в водной среде?
25. Объясните понятие модовой дисперсии.
26. Чем отличается хроматическая дисперсия от модовой?
27. Из каких составляющих складывается результирующая хроматическая дисперсия?
28. Объясните существование трех окон прозрачности в кварцевых оптических световодах.
29. Какие физические эффекты лежат в основе функционирования оптических запоминающих устройств?
30. Как устроены и действуют системы памяти на оптических компакт-дисках?
31. Какие разновидности оптических компакт-дисков существуют и каковы их особенности?
32. Какие факторы влияют на предельный объем данных, хранящихся на оптическом компакт-диске?
33. Каков принцип действия систем голографической памяти?
34. Почему голографические запоминающие устройства обладают большой информационной емкостью?
35. Каков принцип действия квантовых запоминающих устройств?
36. Каковы преимущества и недостатки существующих оптических вычислительных устройств?
37. Какова элементная база оптических устройств обработки информации?
38. Как устроены и действуют электрооптические модуляторы?
39. Как устроены и действуют акустооптические процессоры?
40. В чем сущность фурье-преобразующего свойства линзы? Какое практическое применение оно имеет?
41. Что такое оптический невзаимный элемент, как его можно реализовать на практике?
42. На каких физических принципах основано действие квантовых оптических вычислителей?
43. Что понимают под квантовой криптографией? Каковы ее отличия от традиционных методов защиты информации?

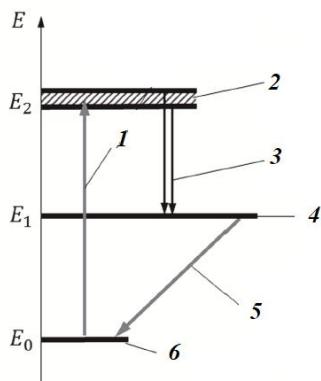
Примерные тестовые задания для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. На рисунке показана принципиальная схема лазера. Установите соответствие между элементами схемы, обозначенными цифрами, и названиями этих элементов.



- A) РЕЗОНАТОР
- B) ЛАЗЕРНЫЙ ЛУЧ
- C) СИСТЕМА НАКАЧКИ
- D) АКТИВНАЯ СРЕДА

2. Какой элемент отсутствует в конструкции лазера?
 а) активная среда б) накачка в) резонатор г) колебательный контур
3. На рисунке показана трехуровневая энергетическая структура лазера. Установите соответствие между элементами схемы, обозначенными цифрами, и названиями этих элементов (процессов).



- A) Основное состояние
 B) Широкая полоса поглощения
 C) Лазерный переход
 D) Быстрые безызлучательные переходы
 E) Верхний лазерный уровень (метастабильный)
 F) Накачка (возбуждение)

4. Сопоставьте диапазон длин волн с областью спектра излучения

Диапазон длин волн

- A) 0,2—0,4 мкм
 Б) 0,4—0,75 мкм
 B) 0,75—1,4 мкм
 Г) 1,4—400 мкм

Область спектра

- 1) дальняя инфракрасная область
 2) область видимого света
 3) ультрафиолетовая
 4) ближняя инфракрасная

5. К какой группе параметров относятся следующие характеристики лазерного излучения: длительность импульса, частоту следования импульсов и скважность (коэффициент

заполнения)?

- 1) энергетические 2) спектральные 3) временные 4) пространственные

6. Какой резонатор можно классифицировать как устойчивый?

- 1) резонатор, в котором фотоны выходят за пределы резонаторной полости после одного или нескольких проходов
 2) это резонатор, в котором фотоны могут совершать проходы между зеркалами неопределенное число раз без потерь на краях зеркал

7. Вставьте пропущенное слово:

Все известные методы модуляции добротности резонаторов подразделяются на активные и пассивные. При активной модуляции внутри резонатора размещают электрооптический или акустооптический затвор. Модуляторы на основе насыщающегося поглотителя относятся к _____ модулирующим элементам.

8. Определите, при какой температуре тела длина волны, на которую приходится максимум теплового излучения, достигнет ближней инфракрасной области, а именно 1000 нм.

- 1) 290 К 2) 2900 К 3) 290 °С 4) 2900 °С