


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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии



подпись

Овчинников О.В.

21.06.2023г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.04 Физические основы лазерной техники  
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: Перспективные материалы и устройства фотоники

3. Квалификация выпускника: высшее образование (магистр)

4. Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы: Татьянина Елена Павловна, к. ф.-м. н., доцент

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 20.06.2023

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2023/2024

Семестр(ы): 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование понимания о физических принципах работы лазера, условиях создания инверсии населенности и формировании лазерного излучения с желаемыми характеристиками;

- формирование системного мышления и навыков оперирования моделями различных уровней сложности при анализе явлений в лазерах и их применении.

Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть основные условия создания инверсии населенности, способы накачки, физические явления в активной среде и оптическом резонаторе, их влияние на лазерное излучение; теоретические модели процессов в лазерах;

- изучить фундаментальные механизмы нелинейности, неравновесности, динамические свойства лазера, физические факторы и конструктивные особенности оптического резонатора, обуславливающие характеристики лазерного излучения.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** учебная дисциплина относится к обязательной части Блока 1.

**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
ОПК – 1	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	ОПК – 1.1.	Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы исследований и разработки оптических материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	<b>Знать:</b> физические принципы работы лазера <b>Уметь:</b> анализировать информацию при помощи интернет- и телекоммуникационных ресурсов; <b>Владеть:</b> навыками оперирования моделями различных уровней сложности при анализе явлений в лазерах и их применении
		ОПК – 1.2.	Формулирует задачи, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора и методов защиты интеллектуальной деятельности при исследованиях и создании материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	<b>Знать:</b> основные направления практического использования лазерного излучения и технологических возможностей лазерных приборов <b>Уметь:</b> выбирать из номенклатуры используемых лазеров, лазеры с требуемыми характеристиками <b>Владеть:</b> физическими основами лазерной техники
ОПК – 2	Способен организовывать проведение научного исследования и	ОПК – 2.1.	Организует проведение научного исследования и разработку	<b>Знать:</b> современное состояние и перспективы развития лазерной физики и техники <b>Уметь:</b> самостоятельно выбирать наиболее подходящие методы и оборудование для исследований

разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований		перспективных материалов и технологий создания устройств фотоники	<b>Владеть:</b> принципами управления лазеров различных типов в зависимости от их технических характеристик
	ОПК – 2.2.	Представляет и аргументированно защищает полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований	<b>Знать:</b> особенности применения лазера в приборах и системах <b>Уметь:</b> составлять план отчета и аргументированно защищать полученный результат; <b>Владеть:</b> навыками представление информации в систематизированном виде, оформление научно-технических отчетов

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 / 108**

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1
Аудиторные занятия		44	44
в том числе:	лекции	30	30
	практические	14	14
	лабораторные		
Самостоятельная работа		28	28
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <i>Экзамен</i>		36	36
Итого:		108	108

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.	Схема лазера на связанных электронах	Принцип действия лазера. Квантовые процессы излучения и поглощения электромагнитных волн. Роль оптического резонатора. Модель активной среды с дисперсиями и потерями. Условия генерирования лазерного излучения. Понятие уширения спектральной линии. Классический аналог вынужденного испускания и усиления в квантовой системе без инверсии населенностей.	
2.	Способы создания активных сред	Эффективность преобразования энергии и условия инверсии для четырехуровневой системы. Режим работы лазера и создание инверсии. Механизмы процессов в лазерной среде. Принцип	

		работы лазера на релятивистских свободных электронах. Классификация активных сред и лазеров. Влияние релаксационных параметров активных на динамические свойства лазеров
3.	Структура поля и гауссова пучка в открытом резонаторе	Моды открытого резонатора. Характеристики двухзеркального резонатора. Приближения в теории открытого резонатора. Приближение геометрической оптики. Модель гауссова пучка. Параметры гауссова пучка, формируемого в устойчивом резонаторе. Преобразование гауссового пучка и согласование гауссовых пучков. Приближение квазиоптики.
4.	Теоретические модели процессов в лазерах	Лазер как система (методологический аспект) Иерархия моделей лазера. Фотонная модель одномодового лазера. Анализ фотонной модели. Полуклассическая модель одномодового лазера: волновое и материальные уравнения. Полуклассическая модель многомодового лазера в приближении вращающейся волны и медленно меняющихся амплитуд.
5.	Заключение	Лазерная техника и оптическая цивилизация
<b>2. Практические занятия</b>		
1.	Схема лазера на связанных электронах	Квантовые процессы излучения и поглощения электромагнитных волн. Модель активной среды с дисперсиями и потерями. Условия генерирования лазерного излучения. Понятие уширения спектральной линии.
2.	Способы создания активных сред	Эффективность преобразования энергии и условия инверсии для четырехуровневой системы. Режим работы лазера и создание инверсии. Классификация активных сред и лазеров. Влияние релаксационных параметров активных на динамические свойства лазеров
3.	Структура поля и гауссова пучка в открытом резонаторе	Моды открытого резонатора. Характеристики двухзеркального резонатора. Модель гауссова пучка. Параметры гауссова пучка, формируемого в устойчивом резонаторе. Преобразование гауссового пучка и согласование гауссовых пучков.
4.	Теоретические модели процессов в лазерах	Лазер как система (методологический аспект) Иерархия моделей лазера. Фотонная модель одномодового лазера. Анализ фотонной модели. Полуклассическая модель одномодового лазера: волновое и материальные уравнения. Полуклассическая модель многомодового лазера в приближении вращающейся волны и медленно меняющихся амплитуд.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Схема лазера на связанных электронах	6	2		7	15
2.	Способы создания активных сред	6	4		7	17
3.	Структура поля и гауссова пучка в открытом резонаторе	8	4		7	19
4.	Теоретические модели процессов в лазерах	8	4		7	19
5.	Заключение.	2				2
	Итого:	30	14		28	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 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.	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: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1214884">https://znanium.com/catalog/product/1214884</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2.	Бакланов, Е. В. Основы лазерной физики : учебник / Е. В. Бакланов. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 131 с. — ISBN 978-5-7782-3368-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/118455">https://e.lanbook.com/book/118455</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3.	Щапова, И. А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники : учебное пособие / И. А. Щапова. — 3-е изд., стереотип. — Москва : ФЛИНТА, 2017. — 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> — Библиогр. в кн. — ISBN 978-5-9765-0040-4. — Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Вейко В.П., Шахно Е.А. Лазерные технологии в задачах и примерах: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 88 с.
5.	Вейко В.П., Шахно Е.А. Сборник задач по лазерным технологиям: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2007. – 67с.

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

№ п/п	Ресурс
6.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
7.	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
8.	ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
9.	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
10.	Зональная научная библиотека ВГУ – <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>

## 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.	<i>Основы квантовой электроники: Метод. указ. к практическим работам/ Самар. нац. исследов. ун-т.; сост. В.П. Захаров, Д.Н. Артемьев; Самара, 2016. 44 с.</i>
2.	<i>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.</i>
3.	<i>Квантовая и оптическая электроника: методические указания к проведению практических занятий/ сост. Н. Г. Гоголева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 32 с.</i>

## 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 задания 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: ноутбук, мультимедиа-проектор, экран.

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 Acdms. СПС "Консультант Плюс" для образования. СПС «ГАРАНТ-Образование». 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. 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 (средств а оценивания)
ОПК – 1.1. Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы исследований и разработки оптических материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	<b>Знать:</b> физические принципы работы лазера <b>Уметь:</b> анализировать информацию при помощи интернет- и телекоммуникационных ресурсов; <b>Владеть:</b> навыками оперирования моделями различных уровней сложности при анализе явлений в лазерах и их применении	Разделы 1-5	Вопросы Задачи
ОПК – 1.2. Формулирует задачи, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора и методов защиты интеллектуальной деятельности при исследованиях и создании материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	<b>Знать:</b> основные направления практического использования лазерного излучения и технологических возможностях лазерных приборов <b>Уметь:</b> выбирать из номенклатуры используемых лазеров, лазеры с требуемыми характеристиками <b>Владеть:</b> физическими основами лазерной техники	Разделы 1-5	Вопросы Задачи
ОПК – 2.1. Организует проведение научного исследования и разработку перспективных материалов и технологий создания устройств фотоники	<b>Знать:</b> современное состояние и перспективы развития лазерной физики и техники <b>Уметь:</b> самостоятельно выбирать наиболее подходящие методы и оборудование для исследований <b>Владеть:</b> принципами управления лазеров различных типов в зависимости от их технических характеристик	Разделы 1-5	Вопросы Задачи

<p>ОПК – 2.2. Представляет и аргументировано защищает полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований</p>	<p><b>Знать:</b> особенности применения лазера в приборах и системах <b>Уметь:</b> составлять план отчета и аргументировано защищать полученный результат; <b>Владеть:</b> навыками представление информации в систематизированном виде, оформление научно-технических отчетов</p>	<p>Разделы 1-5</p>	<p>Вопросы Задачи</p>
<p><b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b></p>			<p>КИМ</p>

### 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):

1. знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
2. умение применять теорию для решения практических задач.

#### Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p><i>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.</i></p>	<p><i>Повышенный уровень</i></p>	<p><i>Отлично</i></p>
<p><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></p>	<p><i>Базовый уровень</i></p>	<p><i>Хорошо</i></p>
<p><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></p>	<p><i>Пороговый уровень</i></p>	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p><i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i></p>	<p><i>–</i></p>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

### 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 экзамену:

1. Принцип действия лазера. Квантовые процессы излучения и поглощения электромагнитных волн.
2. Роль оптического резонатора.
3. Модель активной среды с дисперсиями и потерями.
4. Условия генерирования лазерного излучения.
5. Понятие уширения спектральной линии.
6. Классический аналог вынужденного испускания и усиления в квантовой системе без инверсии населенностей.



7. Эффективность преобразования энергии и условия инверсии для четырехуровневой системы.
8. Режим работы лазера и создание инверсии.
9. Механизмы процессов в лазерной среде.
10. Принцип работы лазера на релятивистских свободных электронах.
11. Классификация активных сред и лазеров.
12. Влияние релаксационных параметров активных сред на динамические свойства лазеров
13. Моды открытого резонатора.
14. Характеристики двухзеркального резонатора.
15. Приближения в теории открытого резонатора.
16. Приближение геометрической оптики.
17. Модель гауссова пучка. Параметры гауссова пучка, формируемого в устойчивом резонаторе.
18. Преобразование гауссова пучка и согласование гауссовых пучков.
19. Приближение квазиоптики.
20. Лазер как система (методологический аспект)
21. Иерархия моделей лазера.
22. Фотонная модель одномодового лазера. Анализ фотонной модели.
23. Полуклассическая модель одномодового лазера: волновое и материальные уравнения.
24. Полуклассическая модель многомодового лазера в приближении вращающейся волны и медленно меняющихся амплитуд.
25. Лазерная техника и оптическая цивилизация

### 19.3.2. Контрольно-измерительный материал

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

\_\_\_\_\_ Овчинников О.В.  
*подпись, расшифровка подписи*

\_\_\_. \_\_. 20\_\_

Направление подготовки / специальность 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Б1.В.04 Физические основы лазерной техники

Форма обучения очная

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

#### Контрольно-измерительный материал №1

1. Понятие уширения спектральной линии.
2. Моды открытого резонатора.

Преподаватель \_\_\_\_\_  
*подпись*

Татьянина Е.П.  
*расшифровка подписи*

---

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

\_\_\_\_\_ Овчинников О.В.  
*подпись, расшифровка подписи*

\_\_\_.\_\_.20\_\_

Направление подготовки / специальность 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Б1.В.04 Физические основы лазерной техники

Форма обучения очная

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

### **Контрольно-измерительный материал №2**

1. Условия генерирования лазерного излучения.
2. Влияние релаксационных параметров активных сред на динамические свойства лазеров

Преподаватель \_\_\_\_\_ Татьянина Е.П.  
*подпись* *расшифровка подписи*