

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии



подпись

Овчинников О.В.

14.06.2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03 Лазеры в фотонике и оптоинформатике

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
3. Квалификация выпускника: 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
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;
- формирование целостного представления о

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: учебная дисциплина_Б1.В.03 Лазеры в фотонике и оптоинформатике относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК –2	Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники	ПК – 2.1	Формулирует задачи для выявления принципов и путей создания перспективных материалов, моделирует процессы в устройствах фотоники	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 – 2.2	Осуществляет подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывает методики оптических и фотонных исследований	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	2
Аудиторные занятия	30	30	
в том числе:	лекции	30	30
	практические		
	лабораторные	14	14
Самостоятельная работа	64	64	
Форма промежуточной аттестации: зачет			
Итого:	108	108	

13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	Классическая схема лазера. Активные среды. Методы инверсии населеностей. Оптические резонаторы. Свойства лазерного излучения.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31025
1.2	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.	
1.3	Лазеры в измерительных системах	Измерение расстояний, получение объемных изображений, оптические методы измерения скорости, метрология времени, частоты и длины. Дальномеры.	
1.4	Лазеры в информационных системах	Лазерные системы управления. Оптические каналы связи, хранение и обработка информации.	
2. Лабораторные работы			
2.1	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	Определение качества пучка лазера анализом цифрового изображения пучка в дальнем поле	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=31025

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практ.	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	10		14	24	48
2.	Лазеры ультракоротких импульсов и их применение	8			16	24
3.	Лазеры в измерительных	6			12	18

	системах					
4.	Лазеры в информационных системах	6			12	18
	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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Крюков, П. Г. Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : [учебное пособие] / П.Г. КрюковДолгопрудный : Интеллект, 2012247 с. : ил.Библиогр. в конце главISBN 978-5-91559-091-4
2.	Крюков, П.Г.Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики : учебное пособие / Крюков П.Г.Москва : Физматлит, 2008208 с. https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109413.html ISBN 978-5-9221-0941-3
3.	Борейшо, А. С. Лазеры: применения и приложения [Электронный ресурс] / Борейшо А. С.,Борейшо В. А.,Евдокимов И. М.,Ивакин С. В.Санкт-Петербург : Лань, 2022520 с.ISBN 978-5-8114-2234-0

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Байгородин Ю. В. Основы лазерной техники. Второе издание, переработанное и дополненное. — К.: Высш шк. Головное изд-во, 1988.— 383 с. ISBN 5—11—000011—5.
5.	Ахманов, С. А. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов / С. А. Ахманов, В. А. Выслух, А. С. Чиркин М. : Наука, 1988 309, [1] с. : ил.(Современ. пробл. физики ; Вып. 74) ISBN 5-02-

	013838-Х
6.	Звелто О. Принципы лазеров: Пер. с англ.-3-е перераб. и доп. 3 изд. -М.: Мир, 1990. -560 с., ил

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

№ п/п	Ресурс
7.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/
8.	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ 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.	А. Л. Дмитриев. Оптические системы передачи информации /Учебное пособие. - СПб: СПбГУИТМО, 2007. - 96 с.
3.	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 традиционные и дистанционные образовательные технологии.

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 темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Ознакомление с теоретическими и практическими аспектами выполняемой работы. 3. Практическая реализация рассматриваемой задачи. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

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:

Специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», ANSYSHF Academic Research,

Блоки питания лабораторные HY3005 (Mastech), блоки питания лабораторные HY3020 (Mastech), лазерный модуль/блок пит., поворотн. креплен.; лазерный модуль LM-650180 (блок пит., креп. поворотн.).

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)	Компетенции(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Принцип действия, устройство и характеристики лазеров	ПК –2	ПК-2.1 ПК-2.2	Вопросы, тесты, задачи
2.	Лазеры ультракоротких	ПК –2	ПК-2.1	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенци я(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	импульсов и их применение		ПК-2.2	
3.	Лазеры в измерительных системах	ПК –2	ПК-2.1 ПК-2.2	
4.	Лазеры в информационных системах	ПК-2.2	ПК-2.1 ПК-2.2	
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Вопросы

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

20.1. Текущая аттестация

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты, задачи. Типовые задания теста, вопросы и задачи для проведения опроса представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

Текущая аттестация №1. Письменная работа, время выполнения 45 мин.

Пример КИМ для текущей аттестации:

Контрольно-измерительный материал № 1

Задание 1. Укажите правильные ответы.

1. Какое свойство излучения принципиально отличает лазерное излучение от других источников излучения?

- а) яркость; б) когерентность; в) диапазон частот; г) мощность.

2. Какой элемент отсутствует в конструкции лазера?

- а) активная среда; б) система накачки; в) резонатор; г) колебательный контур.

3. На чем основан принцип действия лазера?

- а) спонтанном излучении; в) поглощении излучения;
б) вынужденном излучении; г) рассеянии излучения.

4. Инверсией населённости уровней в квантовой системе называют состояние, при котором:

$$\text{а)} \frac{N_2}{N_1} > 1; \quad \text{б)} \frac{N_2}{N_1} = 1; \quad \text{в)} \frac{N_2}{N_1} < 1; \quad \text{г)} \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \infty.$$

5. Какой тип накачки не используется:

- а) оптическая; б) химическая; в) электрическая; г) механическая.

6. Естественное уширение спектральной линии обусловлено:

- а) количеством излучающих атомов;
б) условиями возбуждения;
в) временем жизни возбужденного состояния;
г) временем наблюдения излучения.

Задание 2. Сформулируйте следующие основные понятия (укажите смысл терминов): мода лазерного излучения.

Задание 3. Решите задачу: Лазер на рубине излучает в импульсе длительностью $\tau = 0,5\text{ мс}$ энергию $W = 1\text{ Дж}$ в виде почти параллельного пучка с площадью поперечного сечения $S = 0,8\text{ см}^2$. Длина волны лазерного излучения $\lambda = 0,694\text{ мкм}$. Определите давление света на площадку, расположенную перпендикулярно пучку, с коэффициентом отражения $\rho = 0,6$.

Задание 4. Решите задачу: Высокоэффективные Nd:YAG лазеры с ламповой накачкой NS-400 обеспечивает энергию 400 мДж в наносекундных импульсах с частотой повторения до 30 Гц. Определите максимальную ширину полосы излучения (МГц) данного лазера, если длительность импульса составляет 6 нс.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 балла – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

3) ответ на теоретические вопросы:

- 2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

В зависимости от набранного балла за работу, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

- от 13 до 15 баллов – «отлично»;
- от 10 до 12 баллов – «хорошо»;
- от 5 до 9 баллов – «удовлетворительно»;
- от 0 до 4 баллов – «неудовлетворительно».

Текущая аттестация №2. Выполнение лабораторной работы.

Критерии и шкалы оценивания:

- «зачтено» – составлен конспект, в котором указаны: цель работы, оборудование, теоретические основы работы, приведено описание установки и методики измерения; получен допуск к выполнению работы по итогу устной беседы с преподавателем по содержанию конспекта; выполнена экспериментальная часть работы, обработаны результаты измерений, получен окончательный результат и сделаны выводы, оформлен отчет. В устной беседе с преподавателем студент «защитил» работу продемонстрировав: достаточный уровень освоения материала по тематике работы; способность дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы.
- «не зачтено» – конспект к лабораторной работе не составлен или содержит ошибки; и/или не получен допуск к выполнению работы по итогу устной беседы с преподавателем по содержанию работы; и/или экспериментальная часть работы не выполнена; в устной

беседе с преподавателем студент не показал достаточный уровень освоения материала по тематике работы.

20.2. Промежуточная аттестация

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет.

Оценка за зачет может быть выставлена по результатам текущей успеваемости обучающегося в течение семестра на заключительном занятии. Оценки вносятся в аттестационную ведомость. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать зачет на общих основаниях.

Зачет проводится в письменной форме. Каждый КИМ включает два теоретических вопроса (и задачу (вопросы к экзамену и задачи см. в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины). Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа на бланках ответа и устно отвечает преподавателю. Оценивается правильность и полнота ответа на каждый вопрос, при решении задачи оценивается: знание физических основ (явлений, законов, формул), необходимых для ее решения; наличие математических преобразований; правильный ответ. Время подготовки ответа не более 45 мин, время ответа не более 15 мин.

Пример КИМ:

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

Овчинников О.В.

подпись, расшифровка подписи

— : — .20 —

Направление подготовки 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Лазеры в фотонике и оптоинформатике

Форма обучения очная

Вид контроля зачет

Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Принцип действия лазера. Квантовые процессы излучения и поглощения электромагнитных волн.
2. Моды открытого резонатора.
3. Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 1 м с радиусами зеркал 30 см и 45 см.

Преподаватель _____ Татьянина Е. П.

Критерии и шкалы оценивания КИМ:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

- 1) ответ на теоретические вопросы:

• 2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балл – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

В зависимости от набранного балла за КИМ, выставляется оценка:

от 3 до 6 баллов – «зачтено»; от 0 до 2 баллов – «не засчитано».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень типовых заданий для проведения текущих и промежуточных аттестаций

Пример вопросов для текущего контроля усвоения дисциплины:

Сформулируйте следующие основные понятия (укажите смысл терминов):

вынужденное излучение, инверсия населенности, 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.

Примерные тестовые задания для текущего и промежуточного контроля знаний

1. Какое свойство излучения принципиально отличает лазерное излучение от других источников излучения?
а) яркость; б) когерентность; в) диапазон частот; г) мощность.

2. Какой элемент отсутствует в конструкции лазера?
а) активная среда; б) система накачки; в) резонатор; г) колебательный контур.

3. На чем основан принцип действия лазера?
а) спонтанном излучении; в) поглощении излучения;
б) вынужденном излучении; г) рассеянии излучения.

4. Инверсией населённости уровней в квантовой системе называют состояние, при котором:

$$a) \frac{N_2}{N_1} > 1; \quad b) \frac{N_2}{N_1} = 1; \quad v) \frac{N_2}{N_1} < 1; \quad \Gamma) \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \infty.$$

5. Какой тип накачки не используется:
а) оптическая; б) химическая; в) электрическая; г) механическая.

6. Естественное уширение спектральной линии обусловлено:
а) количеством излучающих атомов;
б) условиями возбуждения;
в) временем жизни возбужденного состояния;
г) временем наблюдения излучения.

7. Сопоставьте диапазон длин волн с областью спектра излучения

Диапазон длин волн

Область спектра

А) 0,2—0,4 мкм 1) инфракрасная

Б) 0,4—0,75 мкм 2) видимый свет

3) ультрафиолетовая
4) радиодиапазон

8. На каком веществе работал первый мазер?

а) неоне; б) гелии; в) цезии; г) аммиаке.

9. Чему равна длина волны несущей частоты генерации лазера на углекислом газе (CO_2)?

а) 0,63 мкм; б) 0,69 мкм; в) 1,15 мкм; г) 10,6 мкм.

10. Как называется уширение спектральной линии за счет роста давления называется

- а) столкновительное;
 - б) естественное;
 - в) допплеровское;
 - г) штарковское.

11. Какое свойство не является определяющим при выборе материала матрицы конденсированных твердых диэлектрических активных сред:

- а) оптическая прозрачность;
 - б) высокая твердость и теплопроводность;
 - в) термическая и химическая стойкость;
 - г) плотность вещества.

12. В чем преимущества четырехуровневой схемы генерации перед трехуровневой?

- а) положение полосы поглощения выше верхнего лазерного уровня;
 - б) наличие метастабильного состояния;
 - в) положение нижнего лазерного уровня над основным состоянием;
 - г) короткое время существования нижнего лазерного уровня.

13. Какой квантовомеханический эффект лежит в основе работы лазера?

- а) фотоэффект; в) поглощение;
б) спонтанное излучение; г) вынужденное излучение.

14. В каком диапазоне электромагнитных волн работают лазеры?

- а) радиоволны; в) рентгеновское излучение;
б) оптический диапазон; г) γ -излучение.

15. Выберете верное соотношение энергий квантов излучения, если генерация происходит на: электронных; вращательных; колебательных переходах.

а) $E_{\text{эл}} > E_{\text{кол}} > E_{\text{вр}}$
 б) $E_{\text{эл}} < E_{\text{кол}} < E_{\text{вр}}$

16. Каково соотношение между числом атомов N_1 , находящихся в состоянии с энергией E_1 и числом атомов N_2 , находящихся в состояниях с энергией $E_2 > E_1$ в термодинамически равновесных системах

$$\text{a) } \frac{N_2}{N_1} > 1; \quad \text{б) } \frac{N_2}{N_1} = 1; \quad \text{в) } \frac{N_2}{N_1} < 1; \quad \text{г) } \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \infty.$$

17. Укажите способы накачки, применяемый для полупроводниковых лазеров.

- а) оптическая; б) химическая; в) электрическая; г) газодинамическая

18. Каким устройством реализуется в лазерах положительная обратная связь?

- а) резонатором;
б) системой модуляции;
в) системой накачки;
г) системой терморегулирования.

19. Выберите лазер с химической накачкой

- а) неодимовый Nd:YAG;
 - б) голмиеевый Ho:YAG;
 - в) фторводородный HF;
 - г) углекислотный CO₂-лазер.

20. От чего зависит расходимость лазерного пучка? (укажите все правильные ответы)

- а) от длины волны излучения лазера;
 - б) от диаметра выходной апертуры источника;
 - в) от длины резонатора;
 - г) от типа активной среды.

21. При каком условии излучение называют квазимонохроматичным? Где $\Delta\nu$ и ν_0 — ширина спектральной линии и центральная частота соответственно.

а) $\frac{\Delta\nu}{\nu_0} > 1$; б) $\frac{\Delta\nu}{\nu_0} = 0$; в) $\frac{\Delta\nu}{\nu_0} \ll 1$; г) $\frac{\Delta\nu}{\nu_0} = 1$.

22. Назовите преимущества неустойчивого резонатора (укажите все правильные ответы):

- а) весь объем активной среды может участвовать в процессе усиления света;
- б) легко юстируется;
- в) удобство регулировки и изменения размеров выходного светового пучка;
- г) лучи остаются вблизи оптической оси даже после многих отражений.

23. Атом активатора в конденсированных твердых диэлектрических активных средах должен иметь (укажите все правильные ответы):

- а) узкую полосу поглощения;
- б) широкую полосу поглощения;
- в) метастабильный уровень с большим временем жизни;
- г) метастабильный уровень с малым временем жизни.

24. Основными недостатками трехуровневых лазеров является (укажите все правильные ответы):

- а) положение полосы поглощения выше верхнего лазерного уровня;
- б) наличие метастабильного состояния;
- в) нижний лазерный уровень является одновременно основным состоянием;
- г) требуются значительные энергии накачки.

25. Сопоставьте свойство лазерного излучения с параметром активной среды, которым оно определяется:

Свойства лазерного излучения

Параметры активной среды

- | | |
|---|---|
| А) участок спектра, в пределах которого возможна генерация; | 1) физическая природа активной среды; |
| Б) мощность (энергию) излучения. | 2) объем активной среды; |
| | 3) показатель преломления активной среды. |

26. Какие лазеры обладают наибольшей энергетической эффективностью?

- а) твердотельные;
- б) газовые;
- в) жидкостные;
- г) полупроводниковые.

27. Широкое использование газовых лазеров обусловлено (укажите все правильные ответы):

- а) спектральным диапазоном излучения;
- б) энергетическими характеристиками;
- в) малой плотностью вещества;
- г) габаритами.

Примеры задач для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Рассчитайте энергию фотона (в эВ) при генерации рубинового лазера на длине волны излучения $\lambda = 632,8 \text{ нм}$. Постоянна Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Ответ округлите до целых.

2. Рассчитайте энергию фотона (в эВ) при генерации CO₂-лазера на длине волны излучения $\lambda = 10,6 \text{ мкм}$. Постоянна Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Ответ округлите до сотых.

3. Рассчитайте энергию фотона (в эВ) при генерации гелий-неонового лазера на длине волны излучения $\lambda = 632,8 \text{ нм}$. Постоянна Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Ответ округлите до целых.

4. Рассчитайте энергию фотона (в эВ) при генерации неодимового лазера Nd: YAG на длине волны излучения $\lambda = 1064 \text{ нм}$. Постоянна Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Ответ округлите до десятых.

5. Рассчитайте энергию фотона (в эВ) при генерации александритового лазера на длине волны излучения $\lambda = 755 \text{ нм}$. Постоянна Планка $h=6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Ответ округлите до десятых.

6. Лазер на рубине излучает в импульсе длительностью $\tau = 0,5 \cdot \text{мс}$ энергию $W = 1 \text{ Дж}$ в виде почти параллельного пучка с площадью поперечного сечения $S = 0,8 \text{ см}^2$. Длина волны лазерного излучения $\lambda = 0,694 \text{ мкм}$. Определите давление света (Па) на площадку, расположенную перпендикулярно пучку, с коэффициентом отражения $\rho = 0,6$. Ответ округлите до сотых.

7. Неодимовый лазер Nd:YAG излучает в импульсе длительностью $\tau = 10 \text{ нс}$ энергию $W = 2 \text{ Дж}$ в виде почти параллельного пучка диаметром $d = 1 \text{ мм}$. Длина волны лазерного излучения $\lambda = 1064 \text{ нм}$. Определите давление света на площадку (в МПа), расположенную перпендикулярно пучку, с коэффициентом отражения $\rho = 0,8$. Ответ округлите до сотых.

8. Гольмиеевый лазер Ho:YAG излучает в импульсе длительностью $\tau = 600 \text{ мкс}$ энергию $W = 3 \text{ Дж}$. Длина волны лазерного излучения $\lambda = 2,09 \text{ мкм}$. Излучение выводится с помощью гибким световодом диаметром $d = 400 \text{ мкм}$. Определите давление света (Па) на площадку, расположенную перпендикулярно пучку, с коэффициентом отражения $\rho = 0,5$. Ответ округлите до целых.

9. Александритовый лазер излучает в импульсе длительностью 10 мс энергию плотностью 50 Дж/см^2 . Длина волны генерации 755 нм. Определите какое давление (Па) производит излучение этого лазера на площадку, расположенную перпендикулярно пучку, отражающую 20 % падающего излучения.

10. Пиковая мощность фемтосекундного лазера FemtoYL-UV-15 ультрафиолетового диапазона $P = 100 \text{ МВт}$, диаметр пучка $d = 2 \text{ мм}$ на расстоянии $L=1 \text{ м}$ от апертуры лазера. Какое давление (МПа) производит излучение этого лазера на площадку, расположенную перпендикулярно пучку на расстоянии $L=1 \text{ м}$ и отражающую 90 % падающего излучения ? Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

11. Лазер на парах золота имеет энергию в импульсе $E = 2 \text{ мДж}$, длительность импульсов $\tau = 20 \text{ нс}$ и частоту следования импульсов $f = 6 \text{ кГц}$. Рассчитать величины средней (Вт) и пиковой мощности (кВт).

12. Эрбиевый лазер Er:YAG имеет энергию в импульсе $E = 1 \text{ Дж}$, длительность импульсов $\tau = 0,5 \text{ мс}$ и частоту следования импульсов $f = 5 \text{ Гц}$. Рассчитать величины средней (Вт) и пиковой мощности (кВт).

13. Неодимовый лазер Nd:YAG имеет энергию в импульсе $E = 50 \text{ Дж}$, длительность импульсов $\tau = 2 \text{ мс}$ и частоту следования импульсов $f = 100 \text{ Гц}$. Рассчитать величины средней (кВт) и пиковой мощности (кВт).

14. Гольмиеевый лазер Ho:YAG имеет энергию в импульсе $E = 3 \text{ Дж}$, длительность импульсов $\tau = 600 \text{ мкс}$ и частоту следования импульсов $f = 20 \text{ Гц}$. Рассчитать величины средней (Вт) и пиковой мощности (кВт).

15. Лазер на парах меди излучает зеленый свет с длиной волны 510,6 нм и желтый свет с длиной волны 578,2 нм. Определите энергию (Дж) в импульсе и длительность импульсов (нс) при частоте повторения импульсов $f = 100 \text{ кГц}$, если средняя мощности составляет 2 кВт, а пиковая 2000 кВт.

16. Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 1 м с радиусами зеркал 30 см и 45 см.

17. Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 1 м с радиусами зеркал 25 см и 50 см.

18. Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 1 м с радиусами зеркал 4 м и 5 м.

19. Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 0,5 м с радиусами зеркал 0,5 м и 1 м.

20. Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 50 см с радиусами зеркал 1 м и 1 м.
21. Определите время (нс) прохождения излучения через резонатор длиной 10 см, заполненный активной средой Nd:YAG (показатель преломления $n = 1,8197$). Ответ записать с точностью до сотых.
22. Определите время (нс) прохождения излучения через резонатор длиной 10 см, заполненный активной средой Er:YAG (показатель преломления $n = 1,83$). Ответ записать с точностью до сотых.
23. Определите время (нс) прохождения излучения через резонатор длиной 24 см, заполненный активной средой а-корунд ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), активированный ионами хрома Cr^{3+} (показатель преломления $n = 1,77$). Ответ записать с точностью до сотых.
24. Определите время (нс) прохождения излучения через резонатор длиной 12 см, заполненный активной средой $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, активированный ионами Nd^{3+} и Cr^{3+} (показатель преломления $n = 1,823$). Ответ записать с точностью до сотых.
25. Определите время (нс) прохождения излучения через резонатор длиной 10 см, заполненный активной $\text{Nd}^{3+}\text{-YVO}_4$ (ванадат иттрия с неодимом), показатель преломления $n = 1,9573$. Ответ записать с точностью до десятых.
26. Определите минимальную длительность импульса (пс) Не–Не-лазера с шириной полосы $\Delta\nu=1,5 \text{ ГГц}$. Ответ записать с точностью до целых.
27. Определите максимальную ширину полосы излучения (МГц) неодимового лазера, длительность импульса которого составляет 10 нс. Ответ записать с точностью до десятых.
28. Высокомощные Nd:YLF лазеры с диодной накачкой серии TBR-20 используются для высокоэффективной импульсной накачки титан-сапфировых лазеров на длине волны 527 нм с мощностью до 30 Вт. Определите максимальную ширину полосы излучения (МГц) данного лазера, если длительность импульса составляет 100 нс. Ответ записать с точностью до сотых.
29. Высокоэффективные Nd:YAG лазеры с ламповой накачкой NS-400 обеспечивает энергию 400 мДж в наносекундных импульсах с частотой повторения до 30 Гц. Определите максимальную ширину полосы излучения (МГц) данного лазера, если длительность импульса составляет 6 нс. Ответ записать с точностью до десятых.
30. Определите максимальную ширину полосы излучения (ГГц) пикосекундного волоконного лазера PSPL-515 (10 пс). Ответ записать с точностью до десятых.

Вопросы к зачету:

1. Принцип действия, устройство и характеристики лазеров.
2. Классические схемы лазера.
3. Активные среды.
4. Методы инверсии населенностей.
5. Характеристики лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, поляризация.
6. Параметры лазерного излучения: энергетические параметры, спектральные параметры.
7. Оптические резонаторы. Формирование излучения в резонаторе лазера.
8. Лазерные методы измерений расстояний.
9. Получение объемных изображений.
10. Оптические методы измерения скорости.
11. Оптические гироскопы. Эффект Саньяка.
12. Лазеры в информационных системах. Особенности оптического диапазона передачи информации.
13. Оптические каналы связи.

14. Запись, хранение и обработка информации.
15. Принципы получения света в виде импульсов.
16. Метод синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация мод.
17. Схемы фемтосекундных лазеров.
18. Применения, основанные на минимальной длительности импульса
19. Применения, основанные на особенностях спектра фемтосекундных лазеров непрерывного действия;
20. Применения, основанные на высокой мощности интенсивности и напряженностей полей в световой волне.