

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.08 КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
доцент, канд. техн. наук Лямкина Н.Э.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Дисциплина «Квантовая электроника» представляет собой одну из важных дисциплин подготовки специалистов. Квантовая электроника – это область науки и техники, изучающая методы усиления и генерации электромагнитного излучения, основанные на использовании вынужденного излучения а также свойства квантовых усилителей и генераторов и их применения.

Изучение дисциплины базируется на материалах предшествующих естественно-научных дисциплин. В ней излагаются физические принципы усиления и генерации света на основе индуцированного испускания излучения, описываются открытые резонаторы лазерных систем, принципы работы разнообразных типов лазеров и рассматриваются характеристики их пучков.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний о фундаментальных физических явлениях и законах, лежащих в основе работы лазеров и систем управления характеристиками их излучения

1.2 Задачи изучения дисциплины:

Выпускник, освоивший дисциплину «Квантовая электроника» должен приобрести профессиональные компетенции, а также получить умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности в качестве специалиста по специальности «Фундаментальная и прикладная физика».

знать: физические основы генерации лазерного излучения; зависимости между различными параметрами; основные параметры и характеристики активных сред лазеров (уровни энергии рабочих переходов, вероятности переходов, причины уширения спектральных линий); устройство и принцип действия различных типов лазеров, их основные характеристики, существующие режимы их работы; свойства лазерных пучков; области применения лазеров;

уметь: описывать развитие основных процессов, происходящих в генераторах когерентного оптического излучения, применять математический аппарат для описания этих процессов; применять различные методы расчета и оптимизации основных энергетических и эксплуатационных параметров оптических квантовых генераторов; пользоваться обширным справочным материалом по лазерам и лазерным установкам для нахождения параметров и физико-технических характеристик различных типов лазеров.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-3	Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства

<p>ПК-3.1 Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств</p>	<ul style="list-style-type: none"> — знает основные параметры и характеристики активных сред лазеров (уровни энергии рабочих переходов, вероятности переходов, причины уширения спектральных линий); — знает физические основы и принципы действия оптических квантовых генераторов; — ориентируется в основных достижениях и проблемах современной квантовой электроники и квантовой оптики; — описывает основные процессы, происходящие в генераторах когерентного оптического излучения — применяет математический аппарат для описания этих процессов; — анализирует режимы работы оптических квантовых генераторов — использует методы расчета и оптимизации основных энергетических параметров оптических квантовых генераторов; — использует методами расчета параметров резонаторов; — работает с научно-технической информацией
<p>ПК-3.2 Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства</p>	<ul style="list-style-type: none"> — знает характеристики материалов, используемых в квантовой электронике и лазерной технике; — знает фундаментальные физические законы, лежащие в основе работы устройств квантовой электроники; — знает основные характеристики и свойства лазерного излучения; — анализирует состояние и перспективы развития квантовой электроники — анализирует спектральные характеристики материалов, используемых в квантовой оптике и квантовой электронике; — проводит поиск и анализ научно-технической информации — владеет принципами построения физических и математических моделей; — владеет навыками расчета спектральных характеристик лазерного излучения

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		8
Общая трудоемкость дисциплины	3 (108)	3 (108)
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	2 (72)
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
практические занятия	1 (36)	1 (36)
Самостоятельная работа обучающихся	1 (36)	1 (36)
Вид промежуточной аттестации (Зачет)		Зачёт

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Раздел 1. Активные среды лазеров					
1.	Ср		6	8	
2.	Лек	Структура и содержание дисциплины. Лазер как источник когерентного оптического излучения. Отличие свойств лазерных пучков от свойств излучения обычных источников оптического диапазона.	2	8	
3.	Лек	Понятие активной среды лазеров. Населенности возбужденных состояний среды и оптические переходы. Изменение населенности квантовых состояний среды под действием возмущений; балансные кинетические уравнения.	2	8	
4.	Лек	Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной заселенности. Способы возбуждения (накачки) активных сред лазеров для получения инверсной заселенности.	2	8	
5.	Пр	Активные среды лазеров и способы создания в них инверсной заселенности квантовых состояний. Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной заселенности	6	8	
Раздел 2. Раздел 2. Усиление и генерация излучения в активных средах					
1.	Ср		6	8	
2.	Лек	Оптический квантовый усилитель (ОКУ). Условия получения эффекта усиления оптического излучения в средах. Показатель и коэффициент усиления. Полоса пропускания ОКУ, работающего в линейном режиме. Шумы ОКУ.	2	8	
3.	Лек	Нелинейный режим работы ОКУ, эффект насыщения среды. Максимальная выходная мощность ОКУ, работающего в непрерывном режиме. Максимальная выходная энергия ОКУ, работающего в импульсном режиме	2	8	
4.	Лек	Оптический квантовый генератор (ОКГ). Превращение ОКУ в ОКГ. Условия самовозбуждения генератора. Частота генерации ОКГ (лазера). Максимальная выходная мощность лазера, работающего в непрерывном режиме. Оценка предельных возможностей мощных лазеров.	2	8	
5.	Пр	Оптический квантовый усилитель.	4	8	
6.	Пр	Оптический квантовый генератор	2	8	
Раздел 3. Раздел 3. Оптические резонаторы					
1.	Ср		4	8	
2.	Лек	Свойства оптических резонаторов (ОР). Общие сведения о резонаторах. Потери энергии излучения в ОР. Число Френеля. Добротность ОР и ее зависимость от величины потерь, полосы пропускания ОР и времени затухания энергии излучения в ОР.	2	8	
3.	Лек	Типы ОР. Устойчивые и неустойчивые ОР.	2	8	
4.	Пр	Свойства оптических резонаторов.	4	8	
5.	Пр	Моды оптических резонаторов	2	8	
Раздел 4. Раздел 4. Режимы работы лазеров					
1.	Ср		4	8	
2.	Лек	Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора и генерация гигантских импульсов. Режим синхронизации продольных мод и генерация ультракоротких лазерных импульсов.	2	8	

3.	Лек	Синхронизация поперечных мод. Режим разгрузки резонатора. Режим генерации последовательности импульсов в лазерах с непрерывной накачкой. Использование отрицательной обратной связи для получения импульсов микросекундной длительности.	2	8	
4.	Пр	Режимы работы лазеров.	6	8	
Раздел 5. Раздел 5. Типы лазеров					
1.	Ср		10	8	
2.	Лек	Твердотельные лазеры Особенности твердотельных активных сред лазеров. Уровни энергии иона хрома в корунде; рубиновый лазер. Уровни энергии иона неодима; неодимовый лазер. Лазерное стекло. Особенности полупроводниковых лазеров. Вынужденное излучение в полупроводниках, создание инверсной заселенности. Лазеры на гомоструктурах. Лазеры на гетероструктурах	4	8	
3.	Лек	Газовые лазеры Лазеры на нейтральных атомах (пример гелий-неонового лазера). Ионные лазеры (пример аргонового лазера). Лазеры на самоограниченных переходах (пример лазера на парах меди). Эксимерные лазеры. Химические лазеры (пример HF-лазера).	2	8	
4.	Лек	СО2-лазеры Схема энергетических уровней молекулы СО2, участвующих в процессе лазерной генерации. Создание инверсии заселенности на лазерных переходах. Формирование частотного спектра лазерного излучения. Зависимость мощности генерации СО2-лазера от температуры активной среды. Импульсные СО2-лазеры. Газодинамические и химические СО2-лазеры	2	8	
5.	Лек	Лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК) Спектрально-люминесцентные свойства органических красителей; схема уровней. Возбуждение молекулы красителя и пути ее дезактивации. Условие генерации лазерного излучения в ЛРОК. Перестройка частоты лазерного излучения с помощью дисперсионных резонаторов. Продольный и поперечный способы накачки ЛРОК. Импульсный и непрерывный режимы работы ЛРОК.	2	8	
6.	Пр	Твердотельные лазеры	2	8	
7.	Пр	Газовые лазеры СО2-лазеры	2	8	
8.	Пр	Лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК)	2	8	
Раздел 6. Раздел 6. Свойства лазерных пучков					
1.	Ср		6	8	
2.	Лек	Энергетические характеристики лазерного излучения Временная подгруппа энергетических характеристик для описания свойств излучения лазеров непрерывного и импульсного действия. Пространственная подгруппа энергетических характеристик. Измерение энергии и мощности излучения. Измерение угла расходимости пучка и радиального распределения его интенсивности. Фокусировка лазерных пучков. Понятия яркостного размера пятна фокусировки, его сосредоточенности и контрастности	2	8	
3.	Лек	Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения Спектр лазерного излучения и понятие его монохроматичности. Корреляционные характеристики (когерентность и поляризация). Временная и пространственная когерентности лазерных пучков. Степень когерентности и ее измерение. Степень поляризации и ее измерение.	2	8	
4.	Лек	Дополнительные характеристики: спектральная плотность энергетической освещенности, энергетическая яркость и спектральная плотность энергетической яркости. Сравнение свойств лазерного излучения со свойствами естественного света. Способы сравнения характеристик пучков различных лазеров	2	8	

5.	Пр	Энергетические характеристики лазерного излучения.	2	8	
6.	Пр	Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения.	4	8	
7.	Зачёт			8	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника: учеб. пособие для студентов вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 313 с..
2. Айхлер Ю., Айхлер Г. И., Казанцева Л. Н. Лазеры. Исполнение, управление, применение:.. - Москва: Техносфера, 2012. - 495 с..
3. Тарасов Л. В. Физика лазера:.. - Москва: URSS, 2011. - 439 с..
4. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике: монография. - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 335 с..
5. Звелто О. Принципы лазеров: перевод с английского. - Санкт-Петербург: Лань, 2008. - 719 с..
6. Тарасов Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения: лазеры, резонаторы, динамика процессов. - Москва: Радио и связь, 1981. - 440 с..
7. Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Тарлыков В. А. Основы лазерной техники: учеб. пособие для приборостроительных спец. вузов. - Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. - 315 с..
8. Тимофеев В. П. Взаимодействие оптического излучения с инверсными средствами: учебное пособие. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1998. - 97 с..
9. Тимофеев В. П. Характеристики лазерного излучения и их измерение: учебное пособие. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1994. - 60 с..

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Windows Professional 10 Russian. Операционная система Windows.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Электронная библиотека [Электронный ресурс] <http://elibrary.ru>
2. ЭБС Znanium <http://www.znanium.com>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.В.08 Квантовая электроника

Направление подготовки/специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа 03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

Красноярск 2025

1. Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства			
8	ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	<ul style="list-style-type: none"> — знает основные параметры и характеристики активных сред лазеров (уровни энергии рабочих переходов, вероятности переходов, причины уширения спектральных линий); — знает физические основы и принципы действия оптических квантовых генераторов; — ориентируется в основных достижениях и проблемах современной квантовой электроники и квантовой оптики; — описывает основные процессы, происходящие в генераторах когерентного оптического излучения 	вопросы к коллоквиуму, вопросы к зачету
		<ul style="list-style-type: none"> — применяет математический аппарат для описания этих процессов; — анализирует режимы работы оптических квантовых генераторов — использует методы расчета и оптимизации основных энергетических параметров оптических квантовых генераторов; — использует методами расчета параметров резонаторов; — работает с научно-технической информацией 	задачи

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

8	ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	<ul style="list-style-type: none"> — знает характеристики материалов, используемых в квантовой электронике и лазерной технике; — знает фундаментальные физические законы, лежащие в основе работы устройств квантовой электроники; — знает основные характеристики и свойства лазерного излучения; — анализирует состояние и перспективы развития квантовой электроники 	вопросы к коллоквиуму, вопросы к зачету
		<ul style="list-style-type: none"> — анализирует спектральные характеристики материалов, используемых в квантовой оптике и квантовой электронике; — проводит поиск и анализ научно-технической информации — владеет принципами построения физических и математических моделей; — владеет навыками расчета спектральных характеристик лазерного излучения 	задачи

2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

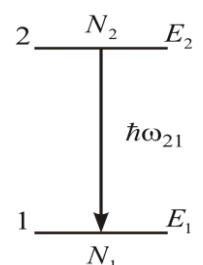
2.1 Оценочные средства для текущего контроля по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Задача (практическое задание)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации.	Комплект задач
2	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

2.1.1 Комплект типовых задач для текущего контроля

Задача 1

Дана система двухуровневых атомов. Энергии уровней атомов таковы, что частота излучения ω_{21} приходится на середину



видимого диапазона спектра. Каково отношение населенностей этих уровней при комнатной температуре, если газ, состоящий из таких атомов, находится в состоянии термодинамического равновесия?

Задача 2

Пусть отношение населенностей уровней системы двухуровневых атомов, изображенных на рисунке задачи 1.1, равно $1/e$. Система находится в состоянии термодинамического равновесия при комнатной температуре. Вычислить длину волны излучения, соответствующую переходу между этими уровнями. В какой диапазон спектра электромагнитного излучения она попадает?

Задача 3

Из каких диапазонов состоит спектр электромагнитного излучения? Назвать каждый из этих диапазонов и указать его границы.

Задача 4

Спектральная линия атомного перехода однородно уширена. Ширина линии, измеренная по уровню половины максимального значения ее интенсивности, равна 200 ГГц. Найти ее ширину, измеренную по уровню $1/e^2$ от максимального значения ее интенсивности.

Задача 5

Спектральная линия атомного перехода имеет доплеровское уширение. Ширина линии, измеренная по уровню половины максимального значения ее интенсивности, равна 1500 МГц. Найти ее ширину, измеренную по уровню $1/e^2$ от максимального значения ее интенсивности.

Задача 6

Найти температуру рабочего перехода неодимового лазера ($\lambda = 1,06$ мкм), если населенность его верхнего уровня в 2 раза превышает населенность его нижнего уровня. Вырождение уровней считать равным ($g_1 = g_2$).

Задача 7

Вычислить коэффициент усиления лазерного кристалла длиной 10 см, если его показатель усиления равен 2 см^{-1} , а уровень потерь в нем составляет $0,4 \text{ см}^{-1}$.

Задача 8

Имеется активный кристалл длиной 6 см, на котором было измерено полукратное усиление сигнала на длине волны, соответствующей инвертированному переходу при определенном заданном уровне накачки. Показатель рассеяния излучения равен $0,2 \text{ см}^{-1}$. Можно ли получить генерацию на таком кристалле при использовании зеркал с коэффициентами отражения $R_1 = 0,5$ и $R_2 = 0,8$?

Задача 9

При какой минимальной длине активного кристалла твердотельного лазера можно получить генерацию, если показатель распределенных потерь излучения в кристалле равен $0,003 \text{ см}^{-1}$, а резонатор лазера образован глухим ($R_1 = 1$) и полупрозрачным ($R_2 = 0,5$) зеркалами?

Задача 10

Лазерный кристалл длиной 10 см помещен в резонатор, зеркала которого имеют коэффициенты отражения на частоте генерации $R_1 = 100\%$ и $R_2 = 37\%$. Нерезонансные потери в кристалле составляют $\beta = 0,07 \text{ см}^{-1}$. Найти пороговое значение показателя усиления кристалла.

Задача 11

Какова должна быть длина кристалла с показателем усиления порядка $2 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$, чтобы с его помощью можно было увеличить интенсивность входного сигнала в 150 раз?

Задача 12

Вычислите размер пятна излучения на обоих зеркалах полуконфокального резонатора длиной $L = 2 \text{ м}$, используемого в CO_2 -лазере, работающем в одномодовом режиме на длине волны $\lambda = 10,6 \text{ мкм}$.

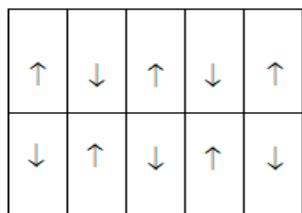
Задача 13

Определить разность частот между двумя соседними продольными модами резонатора, описанного в задаче 1.12. Считая, что в CO_2 -лазере ширина линии излучения, определяемая по уровню 0,5 от максимального значения, равна 50 МГц, найдите число продольных мод, частоты которых находятся в пределах этой линии.

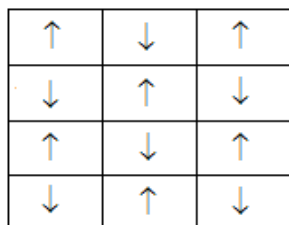
Задача 14

Имеется два вогнутых сферических зеркала, из которых необходимо составить устойчивый несимметричный резонатор. Радиусы кривизны отражающих поверхностей зеркал равны $R_1 = 1 \text{ м}$ и $R_2 = 0,5 \text{ м}$. Определить область значений длины L резонатора, для которых это требование выполняется

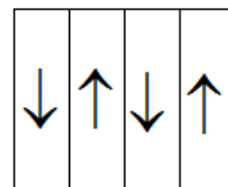
Задача 15



а)



б)



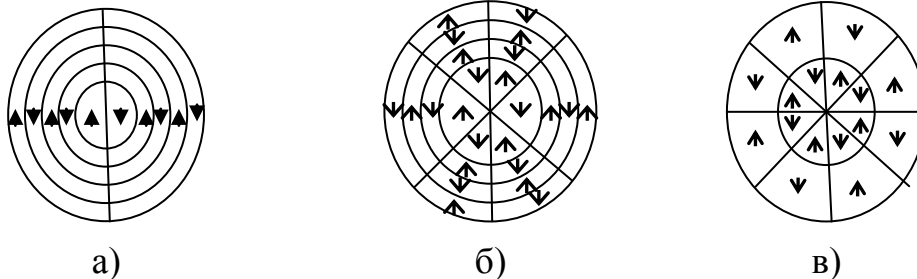
в)

Лазер имеет резонатор с прямоугольными зеркалами и генерирует пучок многомодового излучения. В поперечном сечении пучка может наблюдаться картина световых пятен, изображенная на рис. а, б, в. Определить наблюдаемую

многомодовую структуру, записав ее в виде полярной моды TEM_{mn} (то есть определить индексы m и n).

Задача 16

Лазер имеет резонатор с круглыми зеркалами и генерирует пучок многомодового излучения. В поперечном сечении пучка может наблюдаться следующая пятнистая картина:



Записать наблюдаемые поперечные моды в виде TEM_{pl} (т.е. определить поперечные индексы p и l).

Задача 17

Лазер работает в режиме генерации повторяющихся с частотой следования f импульсов. Форма отдельного импульса описывается функцией мощности излучения вида:

$$P(t) = P_0 a t e^{-bt^2},$$

где P_0 , a , b - постоянные (т. е. не зависящие от времени) для данной формы импульса. Определить:

- полную энергию импульса излучения $w_{и}$,
- длительность импульса,
- среднюю по времени мощность излучения лазера,
- пиковую мощность импульса излучения.

Задача 18

Лазер имеет резонатор длиной 45 см и работает в режиме генерации непрерывного излучения мощностью 3 Вт на одной поперечной моде TEM_{00} . Ширина линии люминесценции рабочего перехода активной среды лазера равна 500 ГГц. После осуществления в лазере режима синхронизации фаз продольных мод он начал генерировать последовательность ультракоротких импульсов.

Определить:

- частоту следования импульсов f ,
- длительность импульсов $\tau_{и}$,
- пиковую мощность импульса и его энергию,
- как изменятся величины f , $\tau_{и}$, $w_{и}$, если длину резонатора лазера увеличить до 60 см?

Задача 19

Лазер работает в режиме модуляции добротности резонатора на основной поперечной моде TEM_{00} и генерирует гигантские импульсы длительностью $\tau_{и}=3 \cdot 10^{-8}$ с.

После осуществления в нём синхронизации фаз продольных мод каждый гигантский импульс превратился в серию из 10-и ультракоротких импульсов. Определить:

- а) длину резонатора;
- б) частоту следования импульсов.

Задача 20

Неодимовый лазер генерирует последовательность одинаковых импульсов при средней мощности $P_{\text{сред}}=10$ Вт. Известно, что временной интервал между соседними импульсами в 10^4 раз превышает длительность отдельного импульса. Определить пиковую мощность импульсов.

Задача 21

Определить полную ширину однородно уширенной линии лазерного перехода в неоне с длиной волны 0,63 мкм, если известно, что ее естественная ширина ~ 20 МГц, а столкновительная $\sim 0,64$ МГц.

Какую форму имеет общая линия?

Методические рекомендации по проведению текущего контроля (задачи)

Задача (практическое задание) является одним из видов оценочных средств для систематической проверки знаний по дисциплине. Этот вид проверочных заданий позволяет получать первичную информацию о ходе и качестве усвоения учебного материала, а также стимулировать регулярную целенаправленную работу студентов. Комплект из восьми задач (по разным темам) преподаватель, ведущий практические занятия, формирует индивидуально для каждого студента. Сдача задач осуществляется в установленные преподавателем сроки во время практических занятий.

Критерии оценивания решения задач

Итоги этого вида текущего контроля усвоения материала «уровневой оценке» не подлежат. Оценка – зачет/незачет.

Шкала оценивания	
незачет	зачет
При решении задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. Уровень знаний ниже минимальных требований.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме (допускаются некоторые недочеты). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

2.1.2 Вопросы к коллоквиуму по разделам дисциплины

Раздел 1 Активные среды лазеров

1. Отличие свойств лазерных пучков от свойств излучения обычных источников оптического диапазона.
2. Основные этапы развития лазерной техники. Области применения лазеров.
3. Населенности возбужденных состояний среды и оптические переходы. Понятие активной среды лазеров.
4. Изменение населенности квантовых состояний среды под действием возмущений; балансные (кинетические) уравнения.
5. Трехуровневая схема получения инверсной заселенности.
6. Четырехуровневая схема получения инверсной заселенности.
7. Способы возбуждения (накачки) активных сред лазеров для получения инверсной заселенности.
8. Уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение.

Раздел 2 Усиление и генерация излучения в активных средах

1. Условия получения эффекта усиления оптического излучения в средах. Показатель и коэффициент усиления.
2. Полоса пропускания оптического квантового усилителя (ОКУ), работающего в линейном режиме.
3. Шумы оптического квантового усилителя.
4. Нелинейный режим работы оптического квантового усилителя, эффект насыщения среды.
5. Максимальная выходная мощность ОКУ, работающего в непрерывном режиме.
6. Превращение квантового усилителя в генератор. Условия самовозбуждения генератора.
7. Частота генерации оптического квантового генератора (лазера).
8. Максимальная выходная мощность лазера, работающего в непрерывном режиме.

Методические рекомендации по проведению коллоквиума

Коллоквиум является одним из средств текущего контроля усвоения учебного материала, организованного как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися. На коллоквиуме обсуждаются отдельные разделы, темы изучаемого курса. Коллоквиум проводится в середине семестра или после изучения соответствующих разделов дисциплины в форме устного опроса с билетами. Билеты содержат теоретические вопросы. На самостоятельную подготовку к коллоквиуму студенту отводится 2 недели. Подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы и конспекта лекций. Коллоквиум проводится во время учебных занятий.

Критерии оценивания (коллоквиум)

По итогам коллоквиума выставляется оценка – зачет/незачет

Шкала оценивания	
незачет	зачет
Студент обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине. Уровень знаний ниже минимальных требований.	Студент демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине. При изложении материала допускается несколько несущественных погрешностей.

2.2 Оценочные средства для промежуточного контроля по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
2	Зачет	Зачет является формой проверки качества усвоения студентами учебного материала дисциплины, уровня и систематичности полученных им теоретических и практических знаний.	Вопросы к зачету по дисциплине

2.2.1 Вопросы к зачету по дисциплине

1. Активные среды лазеров и способы создания в них инверсной заселенности квантовых состояний. Населенности возбужденных состояний среды и оптические переходы.
2. Балансные кинетические уравнения. Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной заселенности.
3. Способы возбуждения (накачки) активных сред лазеров для получения инверсной заселенности.
4. Оптический квантовый усилитель (ОКУ). Шумы ОКУ. Нелинейный режим работы ОКУ, эффект насыщения среды. Максимальная выходная мощность ОКУ, работающего в непрерывном режиме.
5. Оптический квантовый генератор (ОКГ). Превращение ОКУ в ОКГ. Условия самовозбуждения генератора. Частота генерации ОКГ (лазера).
6. Свойства оптических резонаторов (ОР). Потери энергии излучения в ОР. Число Френеля. Добротность оптических резонаторов.
7. Типы оптических резонаторов. Устойчивые и неустойчивые оптические резонаторы.
8. Моды оптических резонаторов. Формирование стоячих волн (мод) в ОР. Частотный спектр мод ОР, их обозначение и классификация.
9. Модовый состав излучения плоскопараллельного, конфокального и полуконфокального типов устойчивых оптических резонаторов.
10. Неустойчивые оптические резонаторы и их особенности. Неустойчивый телескопический конфокальный оптический резонатор.

11. Режимы работы лазеров. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора и генерация гигантских импульсов.
12. Режим синхронизации продольных мод и генерация ультракоротких лазерных импульсов. Синхронизация поперечных мод.
13. Твердотельные лазеры. Особенности твердотельных активных сред лазеров. Уровни энергии иона хрома в корунде. Рубиновый лазер.
14. Уровни энергии иона неодима. Неодимовый лазер.
15. Особенности полупроводниковых лазеров. Лазеры на гомоструктурах. Лазеры на гетероструктурах.
15. Газовые лазеры. Лазеры на нейтральных атомах (пример гелий-неонового лазера).
16. CO₂-лазеры. Схема энергетических уровней молекулы CO₂, участвующих в процессе лазерной генерации. Создание инверсии заселенности на лазерных переходах.
17. Лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК)
18. Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения.

Методические рекомендации по проведению зачета

Зачет является заключительным этапом изучения учебной дисциплины и имеет целью проверить теоретические знания обучающихся. Форма проведения зачета - устный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Критерии оценивания знаний студентов на зачете

Итоги этого вида промежуточного контроля усвоения материала «уровневой оценке» не подлежат. Оценка – зачет/незачет.

Шкала оценивания	
незачет	зачет
Студент обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине. Уровень знаний ниже минимальных требований.	Студент демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине. При изложении материала допущено несколько несущественных погрешностей. Студент испытывает незначительные трудности в ответах на дополнительные вопросы.

Разработчик



Н.Э. Лямкина