

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Инженерный институт



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Семинар по квантовой и оптической электронике Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

Автор(ы): Лучкин А.Г.

Рецензент(ы): Кашапов Н.Ф.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Лучкин А.Г. (кафедра технической физики и энергетики, Инженерный институт), AGLuchkin@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-4	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК-7	способностью демонстрировать знание иностранного языка на уровне, позволяющем работать с научно-технической литературой и участвовать в международном сотрудничестве в сфере профессиональной деятельности
ПК-12	готовностью обосновывать принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

квантовую теорию излучения и поглощения электромагнитных волн веществом;
 основные элементарные квантовые процессы с участием фотонов;
 квантовую теорию релаксации и основные механизмы уширения спектральных линий;
 физические принципы функционирования и основные характеристики квантовых усилителей и генераторов, а также других элементов и устройств оптической и квантовой электроники;
 основные типы нелинейных и параметрических процессов при взаимодействии поля со средой;
 основы базовых элементов и устройств квантовой и оптической электроники, применяемых в современных информационных системах;
 возможности оптических методов передачи и обработки информации.

Должен уметь:

находить аналитические решения задач квантовой теории излучения;
 делать численные оценки времен релаксации и вероятностей переходов для однофотонных процессов в зависимости от параметров спектральных линий для различных сред;
 делать численные оценки инверсии населенностей и коэффициента усиления (поглощения) в двух-, трех- и четырехуровневых средах;
 проводить аналитические расчеты и делать на их основе числовые оценки порога самовозбуждения, добротности различных резонаторов, мощности, частоты генерации для квантовых генераторов оптического диапазона длин волн;
 использовать базовые элементы квантовой и оптической электроники и применять основные методы анализа квантовых и оптоэлектронных устройств для решения задач в системах передачи и обработки информации.

Должен владеть:

методами расчета оптических квантовых генераторов и элементов оптоэлектронных приборов и устройств

Должен демонстрировать способность и готовность:

провести расчет оптических квантовых генераторов и элементов оптоэлектронных приборов и устройств

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 16.03.01 "Техническая физика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 86 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 86 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 58 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Квантовая теория излучения и поглощения.	8	0	16	0	6
2.	Тема 2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.	8	0	20	0	8
3.	Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе.	8	0	16	0	16
4.	Тема 4. Методы управления лазерным излучением. Методы регистрации оптических сигналов.	8	0	16	0	16
5.	Тема 5. Современная элементная база оптоэлектроники.	8	0	18	0	12
	Итого		0	86	0	58

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Квантовая теория излучения и поглощения.

Квантовая электродинамика и радиоэлектроника.

Роль квантовой электроники и оптоэлектроники в современных информационных технологиях.

Идея квантования электромагнитного поля.

Разложение электромагнитного поля по свободным типам колебаний.

Энергетический спектр и стационарные состояния свободного квантованного электромагнитного поля.

Понятие фотона и его свойства.

Операторы рождения и уничтожения для фотонов.

Оператор энергии взаимодействия системы заряженных частиц и электромагнитного поля.

Квантовая теория излучения.

Однофотонные и двухфотонные переходы в теории возмущений.

Матричные элементы оператора энергии взаимодействия поля с веществом для процессов однофотонного излучения и поглощения.

Индукцированное и спонтанное излучение фотона, их вероятности в электродипольном приближении.

Вероятность однофотонного поглощения.

Правила отбора для электродипольного излучения (поглощения).

Параметрические и непараметрические многофотонные процессы, их применения в современных спектроскопических системах.

Тема 2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.

Понятие о динамической и диссипативной подсистемах на примере спонтанного излучения атома.

Релаксация динамической подсистемы как процесс взаимодействия с диссипативной подсистемой.

Релаксация и уширение спектральных линий.

Соотношение неопределенностей энергия-время и естественная ширина линии излучения (спектральный контур линии спонтанного излучения).

Спонтанное излучение в оптике и радиодиапазоне. Добротность спектральной линии, оценки величин.

Физические основы построения квантовых стандартов частоты.

Механизмы уширения спектральных линий.

Квантовое кинетическое уравнение (уравнение для матрицы плотности динамической подсистемы, взаимодействующей с диссипативной подсистемой-термостатом).

Двухуровневая идеализация.

Уравнения для двухуровневой среды, взаимодействующей с классическим электромагнитным полем.

Продольное и поперечное времена релаксации и их физический смысл.

Оценки продольного и поперечного времен релаксации для различных сред.

Поведение двухуровневой среды при ее взаимодействии с резонансным электромагнитным полем.

Стационарные решения уравнений для двухуровневой среды, взаимодействующей с резонансным полем.

Эффекты насыщения и просветления среды в сильном электромагнитном поле.

Мощность, поглощаемая средой из электромагнитного поля.

Насыщающая мощность, ее оценки для различных сред, используемых в качестве рабочих материалов в квантовой электронике.

Применение эффекта насыщения для управления параметрами лазерного излучения.

Когерентное взаимодействие излучения с двухуровневой системой.

Уравнение переноса излучения в поглощающей (усиливающей) среде.

Коэффициент и показатель поглощения (усиления).

Оценки величины поглощения (усиления) для различных сред.

Электронный парамагнитный резонанс, его применение в науке (физика, химия, биология) и технике.

Тема 3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе.

Термодинамически неравновесная система.

Инверсия населенностей.

Метод оптической накачки.

Трех- и четырех-уровневые системы.

Представление 3-х и 4-х уровневых систем эквивалентной 2-х уровневой системой.

Инверсия населенностей в твердотельных лазерах с оптической накачкой.

Создание инверсной разности населенностей в газах с помощью газового разряда.

Гелий-неоновый лазер, величины инверсной разности населенностей для газовых лазеров.

Создание инверсной разности населенностей методом сортировки атомов неоднородными статическими электрическими и магнитными полями.

Водородный мазер.

Атомно-лучевая трубка.

Квантовые стандарты времени и частоты.

Полуклассические уравнения квантового генератора.

Одномодовое приближение.

Примеры возникновения многомодового режима генерации (выжигание спектральных и пространственных провалов).

Стационарный режим колебания квантового генератора и его характеристики.

Условие самовозбуждения квантового генератора.

Эффект затягивания частоты в квантовом генераторе.

Оптический резонатор.

Собственная и нагруженная добротность резонатора.

Время жизни фотона в резонаторе.

Мощность квантового генератора.

Максимальная мощность квантового генератора при оптимальной связи с нагрузкой.

Оценка мощности для различных типов мазеров и лазеров.

Балансные уравнения для квантового генератора.

Учет спонтанного излучения в балансных уравнениях.

Типы и основные характеристики современных лазерных систем.

Полупроводниковый инжекционный лазер.

Полупроводниковые лазеры и светоизлучающие диоды: их спектральные, мощностные и модуляционные характеристики.

Шумы излучения лазеров.

Ширина спектральной линии генерации.

Применение полупроводниковых лазеров в оптических системах передачи информации.

Тема 4. Методы управления лазерным излучением. Методы регистрации оптических сигналов.

Регистрация оптического излучения.

Прямое детектирование и гетеродинирование.

Классификация фотоприемников.

Фотоприемники на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта.

Фотоэлементы, фотоэлектронные умножители.

Полупроводниковые фотоприемники.

Фоторезисторы и фотодиоды (лавинные фотодиоды и pin - диоды); принцип действия и устройство.

Фотогальванический и фотодиодный режим работы.

Вольт-амперная и спектральная характеристики, быстродействие и чувствительность фотодиодов.

Фототранзисторы, фотоприемные ПЗС - матрицы.

Шумы фотодиодных приемников излучения.

Порог чувствительности, обнаружительная способность.

Квантовый предел чувствительности при приеме оптических сигналов.

Тема 5. Современная элементная база оптоэлектроники.

Распространение света в анизотропных средах и оптических волноводах.

Лучевой и волновой анализ оптических волноводов.

Интегральные оптические элементы на основе планарных оптических волноводов - моды, волноводные параметры, соотношения ортогональности мод, поток мощности, переносимой в оптическом волноводе.

Волоконные световоды как основа современных систем оптической связи.

Моды волоконных световодов.

Гауссово приближение при анализе полей одномодовых световодов.

Дисперсионные свойства волоконных световодов.

Потери на поглощение и рассеяние в волоконных световодах.

Возбуждение оптических волноводов.

Оптическое согласование волоконного волновода с лазерным излучателем.

Нелинейные явления и преобразование частот в волоконных световодах.

Преимущества и недостатки волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).

Пассивные и активные компоненты оптических линий: разъемы, ответвители, мультиплексоры, приемные и передающие модули, ретрансляторы, квантовые усилители.

Аналоговые и цифровые методы модуляции в ВОЛС.

Информационная емкость канала связи, дальность передачи.

Временное, частотное и волновое уплотнение каналов.

Когерентные линии оптической связи.

Использование квантовых свойств оптического излучения для повышения защищенности телекоммуникационных систем.

Оптоэлектронные и оптические процессоры.

Интегральная оптика и интегральная оптоэлектроника.

Оптоэлектронные датчики.

Новые достижения в области квантовой и оптической электроники.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 8			
	Текущий контроль		
1	Устный опрос	ОК-6 , ОК-7	1. Введение. Квантовая теория излучения и поглощения.
2	Устный опрос	ОК-6 , ОК-7	2. Элементы квантовой кинетики и теории спектральных линий. Взаимодействие двухуровневой среды с резонансным электромагнитным полем.
3	Письменная работа	ОПК-4 , ОПК-7 , ПК-12	3. Квантовые усилители и генераторы, информационные системы на их основе. 4. Методы управления лазерным излучением. Методы регистрации оптических сигналов.
4	Устный опрос	ОК-6 , ОК-7	5. Современная элементная база оптоэлектроники.
	Зачет	ОК-6, ОК-7, ОПК-4, ОПК-7, ПК-12	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 8					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Текущий контроль					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1 2 4
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 8

Текущий контроль

1. Устный опрос

Тема 1

В чем заключается идея квантования электромагнитного поля?

Что такое фотон и каковы его свойства?

Назовите основные положения квантовой теории излучения.

Каковы правила отбора для электродипольного излучения и поглощения?

Рассчитать матричные элементы оператора энергии взаимодействия поля с веществом для процессов однофотонного излучения и поглощения.

Расписать индуцированное и спонтанное излучение фотона, их вероятности в электродипольном приближении.

Определить вероятность однофотонного поглощения.

Перечислить правила отбора для электродипольного излучения (поглощения).

Назвать параметрические и непараметрические многофотонные процессы, их применения в современных спектроскопических системах.

2. Устный опрос

Тема 2

Приведите пример динамической и диссипативной подсистемы.

Опишите процесс релаксации и уширения спектральных линий.

Каковы физические основы построения квантовых стандартов частоты?

Запишите уравнение переноса излучения в поглощающей среде.

Оцените величины поглощения для различных сред.

Стационарные решения уравнений для двухуровневой среды, взаимодействующей с резонансным полем.

Эффекты насыщения и просветления среды в сильном электромагнитном поле.

Мощность, поглощаемая средой из электромагнитного поля.

Насыщающая мощность, ее оценки для различных сред, используемых в качестве рабочих материалов в квантовой электронике.

Применение эффекта насыщения для управления параметрами лазерного излучения.

Когерентное взаимодействие излучения с двухуровневой системой.

Уравнение переноса излучения в поглощающей (усиливающей) среде.

Коэффициент и показатель поглощения (усиления).

Оценки величины поглощения (усиления) для различных сред.

Электронный парамагнитный резонанс, его применение в науке (физика, химия, биология) и технике.

3. Письменная работа

Темы 3, 4

1. Модуляция лазерного излучения.

2. Электрооптическая и магнитооптическая модуляция.

3. Взаимодействие света с акустическими волнами; дифракция Брэгга и Рамана-Ната.

4. Электрооптические и акустооптические модуляторы и дефлекторы.

5. Оптические изоляторы.

6. Нестационарные режимы генерации.

7. Методы повышения мощности генерации лазеров.

8. Метод модулированной добротности.

9. Метод синхронизации мод в лазерах.

10. Генерация гигантских импульсов.

4. Устный опрос

Тема 5

Назовите основные принципы регистрации оптического излучения.

Приведите примеры фотоэлементов и фотоэлектронных умножителей.

Опишите фотогальванический и фотодиодный режимы работы.

Постройте вольтамперную и спектральную характеристики фотодиодов.

Каков предел чувствительности приема оптических сигналов?

Основные характеристики временного, частотного и волнового уплотнение каналов.

Когерентные линии оптической связи. Принципы работы. Характеристики.

Примеры использования квантовых свойств оптического излучения для повышения защищенности телекоммуникационных систем.

Перечислить оптоэлектронные и оптические процессоры.

Интегральная оптика и интегральная оптоэлектроника. Элементная база, применение.

Оптоэлектронные датчики. Конструкция, элементная база, применение.

Перечислить новые достижения в области квантовой и оптической электроники.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Сформулировать правила отбора для гармонического осциллятора.

2. Обосновать применимость теории возмущения в атоме водорода при возбуждении его электрическим полем

3. Для двухуровневой системы получить зависимость от времени вероятности нахождения электрона на уровнях от времени под действием внешнего переменного электрического поля

4. Почему происходит уширение спектральных линий поглощения (излучения) вещества в сильных полях.

5. Почему в оптическом диапазоне длин волн для измерения ширины линии можно использовать явление флуоресценции, а в радиодиапазоне - только вынужденное излучение или поглощение среды.

6. Для выбранного механизма получить выражение для неоднородно уширенного контура линии. Для выбранных условий оценить её ширину.

7. Известно, что время жизни электрона в возбужденном состоянии τ . Получить выражение для спектральной формы линии.

8. Отношение населенностей двух уровней для вещества, находящегося в состоянии равновесия при температуре 3000К, равно 10. Вычислить частоту излучения, соответствующую переходу между этими уровнями.

9. Типичное время жизни для разрешённого электродипольного перехода в видимом диапазоне ~ 10 нс. Оценить естественную ширину линии рентгеновского лазера, излучающего в диапазоне 10 нм.

10. Механизмы однородного уширения. Вывести выражение для однородно уширенного контура линии. Дать оценку её ширины (в см-1) для одного из радиационных переходов He.
11. Механизмы неоднородного уширения. Для выбранного механизма получить выражение для неоднородно уширенного контура линии. Для выбранных условий оценить её ширину (в см-1).
12. Доплеровская ширина линии 500 МГц. Оценка времени жизни уровня 10-8с. Предложить метод измерения ширины лоренцевского контура.
13. Обосновать принципиальные трудности создания УФ и рентгеновских активных сред.
14. Связь коэффициента ненасыщенного усиления с коэффициентами Эйнштейна. Сравнить зависимости коэффициента усиления от мощности накачки в случае однородного и неоднородного насыщения усиления.
15. Двух-, трёх- и четырёхуровневая схемы лазеров: возможности реализации, достоинства и недостатки. Оптимальная ширина уровней.
16. Nd:АИГ лазер: квантовая схема, преимущество матрицы, организация эффективной накачки.
17. Традиционное устройство Nd лазера известно. Почему бы не сделать лазер того же диапазона на парах неодима? На газообразном соединении Nd, например, с галогеном?
18. Почему в лазерах, работающих на молекулярных переходах, используют полированные металлические зеркала, а в лазерах, работающих на электронных переходах, - диэлектрические?
19. Показать, что абсолютная ширина линии открытого оптического резонатора с плоскими зеркалами не зависит от частоты. Оценить (в см-1) интервал между продольными модами и ширину линии такого резонатора для $R=0,99$ и $L=1$ м.
20. Изобразить структуру мод (линии уровня интенсивности, поляризацию, профиль напряжённости поля) ТЕМ00 и ТЕМ11 открытого резонатора с круглыми зеркалами. Для какой из них следует ожидать больших дифракционных потерь?
21. Изобразить и обосновать спектральный контур насыщенного усиления в резонаторе газового лазера при возбуждении в нём одной моды с частотой, лежащей в стороне от центра линии вещества.
22. Оценить число продольных мод, генерируемых He-Ne лазером длиной ~ 1 м, считая, что температура разряда не слишком отличается от комнатной. Зависит ли ширина провала в насыщенном контуре усиления и ширина линии излучения лазера от длины резонатора?
23. Найти значение ненасыщенного коэффициента усиления для полупроводникового лазера с длиной активной области 100 мкм при использовании сколов по кристаллическим поверхностям в качестве зеркал.
24. Оценить ширину Лэмбовского провала для He-Ne лазера и сравнить полученное значение с доплеровской шириной линии.
25. Объяснить принцип действия и преимущества ДГС с отдельным ограничением. Типичные оптические параметры ДГС. Изобразить зонную диаграмму, привести вариант используемых материалов.
26. Обосновать необходимость многокомпонентных материалов для приготовления диодных структур. Преимущества и недостатки соединения AlGaAs как материала для лазерных диодов. Привести пример материалов для диодной структуры на "телекоммуникационный" диапазон $\sim 1,3$ мкм
27. Особенности гетероструктуры на основе InGaAsP/InP. Вид ватт-амперной характеристики, спектр лазера и светодиода на её основе.
28. Чем определяется ширина полосы лазерного диода как источника информации? Почему светодиоды уступают им по этому параметру? Указать оценки для обоих случаев.
29. Как и почему зависит от температуры рабочая частота лазерного диода? Почему с ростом температуры снижается эффективность генерации?
30. Чем определяется толщина активной области лазерного диода, выполненного на основе простейшей гомоструктуры?
31. Указать и обосновать преимущества лазерных диодов с распределённой обратной связью и распределённым брэгговским отражением по сравнению с диодами простейшей геометрии.
32. Сравнить эффективность управления сигналами от лазерного диода путём модуляции накачки, модуляции добротности и модуляции выходного пучка.
33. Оценить ширину линии излучения и интервал между продольными модами для типичного лазерного диода

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 8			
Текущий контроль			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	5
		2	5
		4	5
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	35
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов - 2. В 2 т. Т. 1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Батенин [и др.]. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 544 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59558>. ? Загл. с экрана.
2. Батенин, В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов ? 2. Т.1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Батенин, А.М. Бойченко, В.В. Бучанов. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 544 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2668>. ? Загл. с экрана.
3. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2010. ? 499 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2350>. ? Загл. с экрана.
4. Основы квантовой электроники: учебное пособие / Иванов И. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2011. - 174 с. ISBN 978-5-9275-0873-0 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/556192>
5. Цуканов, В.Н. Волоконно-оптическая техника[Электронный ресурс] / В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев. - М.: Инфра-Инженерия. - 2011. - 640 с. - ISBN 978-5-9729-0078-7 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/519912>
6. Оптические измерения [Электронный ресурс] / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин и др. - М.: Университетская книга; Логос, 2012. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-173-2. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/469178>
7. Элементы квантовой оптики и квантовой механики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: В.Я. Чечуев, С.В. Викулов, И.М. Дзю. - Новосибирск: НГАУ, 2012. - 89 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=516850>
8. Гусев, В. Г. Оптические и оптоэлектронные устройства для биологии и медицины (в вопросах и ответах)[Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Гусев, Т. В. Мирина, Н. В. Мирин. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, 2012. - 266 с. - ISBN 978-5-9765-1520-8 Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/456262>
9. Лазеры ультрокоротких импульсов и их применения: Учебное пособие / П.Г. Крюков. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 248 с.: 60x90 1/16. (обложка) ISBN 978-5-91559-091-4, 1500 экз. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/365088>

7.2. Дополнительная литература:

1. Привалов, В.Е. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Е. Привалов, А.Э. Фотиади, В.Г. Шеманин. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2013. ? 288 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5851>. ? Загл. с экрана.
2. Квантовая информатика и квантовые биты на основе сверхпроводниковых джозефсоновских структур: Учебник / Е.В. Ильичев, Я.С. Гринберг. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 172 с.: 70x100 1/16. (переплет) ISBN 978-5-7782-2287-8, 3000 экз. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/490017>

3. Молчанов, А.Г. Энергосберегающее оптическое облучение промышленных теплиц [Электронный ресурс] : монография / А.Г. Молчанов, В.В. Самойленко; Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь: АГРУС, 2013. - 120 с. - ISBN 978-5-9596-0826-2. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/515174>
4. Материаловедение и технологии электроники: Учебное пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-008966-9, 200 экз. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/416461>
5. Хомич, В.Ю. Основы создания систем электроразрядного возбуждения мощных CO₂-, N₂- и F₂-лазеров [Электронный ресурс] : монография / В.Ю. Хомич, В.А. Ямщиков. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2015. ? 168 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91172>. ? Загл. с экрана.
6. Приборы квантовой и оптической электроники : курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Ю. Юрчук [и др.]. ? Электрон. дан. ? Москва : МИСИС, 2016. ? 118 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93631>. ? Загл. с экрана.
7. Лазеры: применения и приложения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.С. Борейшо [и др.]. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 520 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87570>. ? Загл. с экрана.
8. Богданов, А.В. Волоконные технологические лазеры и их применение [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Богданов, Ю.В. Голубенко. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. ? 208 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72971>. ? Загл. с экрана.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Архивы научных журналов - <http://archive.neicon.ru/xmlui>

Квантовая статистика. Примесные полупроводники. Лазер. Мазер. p-n переход. Лекции-семинары автора экзаменационных задач и теоретических вопросов по курсу физики почти для всех специальностей РГУ нефти и газа проф. Белопухова Леля - <https://www.youtube.com/watch?v=Rkm3kfpCKI8>

Народный лекторий "Хочу все знать". Инструменты будущего: рентгеновский лазер на свободных электронах. - <https://www.youtube.com/watch?v=l8yV-Bhvp7c>

Научная электронная библиотека (НЭБ) - <http://elibrary.ru/>

ЭБС Znanium - <http://znanium.com/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	<p>Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. При подготовке к практическим занятиям необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучить соответствующую литературу; - иллюстрировать теоретические положения самостоятельно подобранными примерами; - разобрать примеры решения типовых задач (приводятся в методических указаниях); <p>При выполнении практических работ студент пользуется справочной литературой и вычислительной техникой.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов - планируемая учебная, учебно- исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия или при частичном участии преподавателя, оставляющим ведущую роль в работе студентам.</p> <p>Количество часов на самостоятельную работу студента по дисциплине устанавливается учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины. В рабочей программе указываются виды планируемой самостоятельной работы студента, их содержание, трудоемкость выполнения, методы контроля и перечень рекомендуемой учебной и учебно-методической литературы.</p> <p>Самостоятельная работа студентов проводится с целью:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений; - углубления и расширения теоретических знаний; - формирования умений использовать справочную литературу; - развития познавательных и творческих способностей студентов; - формирования самостоятельности мышления; - развития исследовательских умений. <p>Для достижения указанной цели студенты должны решать следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучить рекомендуемые литературные источники; - изучить основные понятия и определения; - решить предложенные задачи; - ответить на контрольные вопросы. <p>В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аудиторная (самостоятельная работа на учебных занятиях под руководством преподавателя); - внеаудиторная (самостоятельная работа по заданию преподавателя, но без его участия). <p>Основными видами внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине 'Физическая химия' являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> - индивидуальные домашние задания; - подготовка к практическим занятиям; - решение тестов; - подготовка к зачету и экзамену.
устный опрос	<p>Устный опрос проводятся в часы аудиторной работы. Устный опрос нацелен на экспресс проверку остаточных знаний. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.</p>
письменная работа	<p>Письменная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.</p>
зачет	<p>Зачет нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Зачет проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Семинар по квантовой и оптической электронике" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Семинар по квантовой и оптической электронике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .