

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

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

**Базовая кафедра фотоники и
лазерных технологий
(ФиЛТ_ИФО)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

**Базовая кафедра фотоники и
лазерных технологий
(ФиЛТ_ИФО)**

наименование кафедры

Втюрин А.Н.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Дисциплина Б1.В.11 Квантовая электроника

Направление подготовки / 03.03.02 Физика 03.03.02.01
специальность Фундаментальная физика 2018г.

Направленность
(профиль)

Форма обучения очная

Год набора 2018

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

030000 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 03.03.02 Физика 03.03.02.01 Фундаментальная физика

2018г.

Программу
составили

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

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Квантовая электроника» представляет собой одну из важных дисциплин подготовки бакалавров. 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 бакалавра по направлению «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

ПК-4:способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	
Уровень 1	Знает физические основы генерации лазерного излучения
Уровень 2	Знает основные параметры и характеристики активных сред лазеров (уровни энергии рабочих переходов, вероятности переходов, причины уширения спектральных линий)
Уровень 3	Знает устройство и принцип действия различных типов лазеров
Уровень 1	Описывает развитие основных процессов, происходящих в генераторах когерентного оптического излучения
Уровень 2	Применяет математический аппарат для описания этих процессов
Уровень 3	Применяет различные методы расчета и оптимизации основных энергетических и эксплуатационных параметров оптических квантовых генераторов
Уровень 1	Работает с справочным материалам по лазерам и лазерным установкам
Уровень 2	Работает с информационно-поисковыми системами
Уровень 3	Применяет методами расчета и оптимизации основных энергетических и эксплуатационных параметров оптических квантовых генераторов

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Математика
 Оптика
 Статистическая физика
 Квантовая механика
 Спектроскопия атомов и молекул
 Математика
 Оптика
 Статистическая физика
 Квантовая механика
 Спектроскопия атомов и молекул
 Математика
 Оптика
 Статистическая физика
 Квантовая механика
 Спектроскопия атомов и молекул
 Физика твёрдого тела
 Математика

Оптика

Статистическая физика

Квантовая механика

НИР

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной
квалификационной работы

Преддипломная практика

Физика и методы исследования наноструктур

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) 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)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	1 (36)	1 (36)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	1 (36)	1 (36)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 1. Активные среды лазеров	6	6	0	6	ПК-4
2	Раздел 2. Усиление и генерация излучения в активных средах	6	6	0	6	ПК-4
3	Раздел 3. Оптические резонаторы	4	6	0	4	ПК-4
4	Раздел 4. Режимы работы лазеров	4	6	0	4	ПК-4
5	Раздел 5. Типы лазеров	10	6	0	10	ПК-4
6	Раздел 6. Свойства лазерных пучков	6	6	0	6	ПК-4
Всего		36	36	0	36	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	Структура и содержание дисциплины. Лазер как источник когерентного оптического излучения. Отличие свойств лазерных пучков от свойств излучения обычных источников оптического диапазона.	2	0	0
2	1	Понятие активной среды лазеров. Населенности возбужденных состояний среды и оптические переходы. Изменение населенности квантовых состояний среды под действием возмущений; балансные кинетические уравнения.	2	0	0
3	1	Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной заселенности. Способы возбуждения (накачки) активных сред лазеров для получения инверсной заселенности.	2	0	0
4	2	. 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	0	0

5	2	Нелинейный режим работы ОКУ, эффект насыщения среды. Максимальная выходная мощность ОКУ, работающего в непрерывном режиме. Максимальная выходная энергия ОКУ, работающего в импульсном режиме	2	0	0
6	2	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	0	0
7	3	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	0	0
8	3	Типы ОР. Устойчивые и неустойчивые ОР.	2	0	0
9	4	Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора и генерация гигантских импульсов. Режим синхронизации продольных мод и генерация ультракоротких лазерных импульсов.	2	0	0

10	4	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	0	0
11	5	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	0	0
12	5	Газовые лазеры Лазеры на нейтральных атомах (пример гелий-неонового лазера). Ионные лазеры (пример аргонового лазера). Лазеры на самоограниченных переходах (пример лазера на парах меди). Экимерные лазеры. Химические лазеры (пример HF-лазера).	2	0	0

13	5	<p>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</p>	2	0	0
14	5	<p>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.</p>	2	0	0

15	6	<p>Энергетические характеристики лазерного излучения</p> <p>Временная подгруппа энергетических характеристик для описания свойств излучения лазеров непрерывного и импульсного действия.</p> <p>Пространственная подгруппа энергетических характеристик.</p> <p>Измерение энергии и мощности излучения.</p> <p>Измерение угла расходимости пучка и радиального распределения его интенсивности.</p> <p>Фокусировка лазерных пучков. Понятия яркостного размера пятна фокусировки, его сосредоточенности и контрастности</p>	2	0	0
16	6	<p>Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения</p> <p>Спектр лазерного излучения и понятие его монохроматичности.</p> <p>Корреляционные характеристики (когерентность и поляризация).</p> <p>Временная и пространственная когерентности лазерных пучков. Степень когерентности и ее измерение. Степень поляризации и ее измерение.</p>	2	0	0

17	6	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	0	0
Всего			26	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Активные среды лазеров и способы создания в них инверсной заселенности квантовых состояний. Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной заселенности	6	0	0
2	2	Оптический квантовый усилитель.	4	0	0
3	2	Оптический квантовый генератор	2	0	0
4	3	Свойства оптических резонаторов.	4	0	0
5	3	Моды оптических резонаторов	2	0	0
6	4	Режимы работы лазеров.	6	0	0
7	5	Твердотельные лазеры	2	0	0
8	5	Газовые лазеры CO ₂ -лазеры	2	0	0
9	5	Лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК)	2	0	0

10	6	Энергетические характеристики лазерного излучения.	2	0	0
11	6	Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения.	4	0	0
Всего			26	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

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

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Тимофеев В. П.	Взаимодействие оптического излучения с инверсными средствами: учебное пособие	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1998
Л1.2	Тимофеев В. П.	Характеристики лазерного излучения и их измерение: учебное пособие	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1994

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

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

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Киселев Г. Л.	Квантовая и оптическая электроника: учеб. пособие для студентов вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2011
Л1.2	Айхлер Ю., Айхлер Г. И., Казанцева Л. Н.	Лазеры. Исполнение, управление, применение	Москва: Техносфера, 2012

Л1.3	Тарасов Л. В.	Физика лазера	Москва: URSS, 2011
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Карлов Н. В.	Лекции по квантовой электронике: монография	Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988
Л2.2	Звелто О.	Принципы лазеров: перевод с английского	Санкт-Петербург: Лань, 2008
Л2.3	Тарасов Л. В.	Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения: лазеры, резонаторы, динамика процессов	Москва: Радио и связь, 1981
Л2.4	Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Тарлыков В. А.	Основы лазерной техники: учеб. пособие для приборостроительных спец. вузов	Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1990
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Тимофеев В. П.	Взаимодействие оптического излучения с инверсными средствами: учебное пособие	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1998
Л3.2	Тимофеев В. П.	Характеристики лазерного излучения и их измерение: учебное пособие	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 1994

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Электронная библиотека [Электронный ресурс]	http://elibrary.ru
Э2		http://www.znaniium.com

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельная работа студентов регламентируется графиком учебного процесса и самостоятельной работы. По дисциплине «Квантовая электроника» учебным планом предусмотрено 36 часов на самостоятельную работу.

Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. При освоении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- работа с лекционным материалом;
- подготовка к практическим занятиям (решение задач).

Форма контроля самостоятельного изучения теоретического курса – коллоквиум, обсуждение вопросов теоретического курса при сдаче задач.

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.

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.

Форма итогового контроля – зачет.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	1. Операционная система MS Windows
9.1.2	2. Офисный пакет MS Office

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	http://elibrary.ru
9.2.2	http://www.znaniium.com

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

Институт располагает учебными аудиториями для проведения занятий лекционного типа и практических занятий. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (демонстрационное оборудование).