

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.02.01.11 ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ

Квантовая электроника

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

03.03.02.33 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2023

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## **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 ха-рактеристики 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 пара-метры 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**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, информационные ресурсы в</b>	

<b>своей предметной области физики и техники</b>	
ПК-1.1: Понимает цели и задачи проводимых физических исследований и технических разработок	
ПК-1.2: Собирает, обрабатывает, анализирует и обобщает передовой отечественный и международный опыт в соответствующей области физических и технических исследований	
ПК-1.3: Использует методы анализа научно-технической информации	

#### **1.4 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)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п		Модули, темы (разделы) дисциплины		Контактная работа, ак. час.							
				Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
						Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
						Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС		
<b>1. Раздел 1. Активные среды лазеров</b>											
1.									6		
2. Структура и содержание дисциплины. Лазер как источник когерентного оптического излучения. Отличие свойств лазерных пучков от свойств излучения обычных источников оптического диапазона.		2									
3. Понятие активной среды лазеров. Населенности возбужденных состояний среды и оптические переходы. Изменение населенности квантовых состояний среды под действием возмущений; балансные кинетические уравнения.		2									
4. Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной населенности. Способы возбуждения (накачки) активных сред лазеров для получения инверсной населенности.		2									

5. Активные среды лазеров и способы создания в них инверсной заселенности квантовых состояний. Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной заселенности			6					
<b>2. Раздел 2.</b>								
1.							6	
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							
3. Нелинейный режим работы ОКУ, эффект насыщения среды. Максимальная выходная мощность ОКУ, работающего в непрерывном режиме. Максимальная выходная энергия ОКУ, работающего в импульсном режиме	2							
4. 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							
5. Оптический квантовый усилитель.			4					
6. Оптический квантовый генератор			2					
<b>3. Раздел 3. Оп-тические ре-зонаторы</b>								
1.							4	

2. 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							
3. Типы ОР. Устойчивые и неустойчивые ОР.	2							
4. Свойства оптических резонаторов.			4					
5. Моды оптических резонаторов			2					
<b>4. Раздел 4. Режимы работы лазеров</b>								
1.							4	
2. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора и генерация гигантских импульсов. Режим синхронизации продольных мод и генерация ультракоротких лазерных импульсов.	2							
3. 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							
4. Режимы работы лазеров.			6					
<b>5. Раздел 5. Ти-пы лазеров</b>								
1.							10	

<p>2. 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 полу-проводниках, создание инверсной заселенности. Лазеры на гомоструктурах.          Лазеры на гетероструктурах</p>	4							
<p>3. 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).</p>	2							
<p>4. CO<sub>2</sub>-лазеры          Схема энергетических уровней молекулы CO<sub>2</sub>, участвующих в процессе лазерной генерации. Создание инверсии заселенности на лазерных переходах.          Формирование частотного спектра лазерного излучения.          Зависимость мощности генерации CO<sub>2</sub>-лазера от температуры активной среды. Импульсные CO<sub>2</sub>-лазеры.          Газодинамические и химические CO<sub>2</sub>-лазеры</p>	2							

5. 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							
6. Твердотельные лазеры			2					
7. Газовые лазеры СО2-лазеры			2					
8. Лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК)			2					
<b>6. Раздел 6. Свойства лазерных пучков</b>								
1.							6	
2. Энергетические характеристики лазерного излучения Временная подгруппа энергетических характеристик для описания свойств излучения лазеров непрерывного и им-пульсного действия. Пространственная подгруппа энергетических характеристик. Измерение энергии и мощности излучения. Измерение угла расходимости пучка и радиального распределения его ин-тенсивности. Фокусировка лазерных пучков. Понятия яркостного размера пятна фокусировки, его сосредоточенности и контрастности	2							

3. 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							
4. 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							
5. Энергетические характеристики лазерного излучения.			2					
6. Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения.			4					
Всего	36		36				36	

## **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).
2. Айхлер Ю., Айхлер Г. И., Казанцева Л. Н. Лазеры. Исполнение, управление, применение(Москва: Техносфера).
3. Тарасов Л. В. Физика лазера(Москва: URSS).
4. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике: монография(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
5. Звелто О. Принципы лазеров: перевод с английского(Санкт-Петербург: Лань).
6. Тарасов Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения: лазеры, резонаторы, динамика процессов (Москва: Радио и связь).
7. Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Тарлыков В. А. Основы лазерной техники: учеб. пособие для приборостроительных спец. вузов (Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние).
8. Тимофеев В. П. Взаимодействие оптического излучения с инверсными средствами: учебное пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
9. Тимофеев В. П. Характеристики лазерного излучения и их измерение: учебное пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).

### **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. Операционная система MS Windows
2. Офисный пакет MS Office

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

1. <http://elibrary.ru>
2. <http://www.znaniium.com>

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## **6 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).