

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра ФИЗИКИ

Рабочая программа по дисциплине

### КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»**

Направленность (профиль):

**Разработка защищенных телекоммуникационных систем**

Квалификация:

**Специалист**

Форма обучения

**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Информационная безопасность телеком-  
муникационных систем»

Бурлов В.Г.

Утверждаю

Председатель УМС И.И. Палкин

Рекомендована решением

Учебно-методического совета

19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

15 марта 2018 г., протокол № 8

Зав. кафедрой Бобровский А.П.

Авторы-разработчики:

Бармасова А.М.

Санкт-Петербург 2018

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью освоения дисциплины** "Квантовая и оптическая электроника" является ознакомление студентов, обучающихся по программе подготовки специалиста по защите информации по направлению подготовки «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», профилю подготовки «Разработка защищенных телекоммуникационных систем», с основными принципами и законами квантовой и оптической электроники и возможностями их применения при решении задач, возникающих в их последующей профессиональной деятельности.

Основные задачи дисциплины «Квантовая и оптическая электроника»:

обучить студента теоретическим основам и методам научных знаний в области квантовой и оптической электроники;

научить применять полученные теоретические навыки при решении задач, а также при анализе физического смысла полученных решений;

выработать и развить навыки работы с математическим аппаратом, используемым в области квантовой и оптической электроники.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» для направления подготовки «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», профиля подготовки «Разработка защищенных телекоммуникационных систем», относится к вариативной части Блока 1 и изучается в шестом семестре после изучения дисциплин «Физика», «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Электроника». Она дает теоретическую основу для освоения таких курсов, как «Аппаратные средства вычислительной техники», «Сети и системы передачи информации», «Аппаратные средства телекоммуникационных систем», «Телекоммуникационные системы», «Передача дискретных сообщений» и др.

Курс рассчитан на студентов, освоивших курсы «Физика», «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Электроника».

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

| <i>Код компетенции</i> | <i>Компетенция</i>  |
|------------------------|---|
| <i>ОПК-1</i>           | способностью анализировать физические явления и процессы для формализации и решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности   |
| <i>ОПК-6</i>           | способностью выполнять установку, настройку, обслуживание, диагностику, эксплуатацию и восстановление работоспособности телекоммуникационного оборудования и приборов, технических и программно-аппаратных средств защиты телекоммуникационных сетей и систем |

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины обучающийся должен:

| <i>Код компетенции</i> | <i>Результаты обучения</i>   |
|------------------------|--|
| <i>ОПК-1</i>           | <p><b>Знать</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сущность явлений квантовой и оптической электроники и описывающих их законов; основные модели, законы, теории и концепции;</li> <li>– фундаментальные законы природы и основные физические законы в области квантовой и оптической электроники;</li> <li>– наиболее важные и фундаментальные достижения квантовой и оптической электроники</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять физические законы к решению задач, решать типовые расчетные задачи;</li> <li>– объяснить основные явления и эффекты квантовой и оптической электроники с позиций фундаментальных физических взаимодействий;</li> <li>– самостоятельно работать с учебной и научной литературой.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными методами и приемами решения задач квантовой и оптической электроники;</li> <li>– навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента, навыками по составлению отчетов о проводимых исследованиях;</li> </ul> |
| <i>ОПК-6</i>           | <p><b>Знать</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– назначение и принципы действия важнейших приборов квантовой и оптической электроники;</li> <li>– основные методы и приемы проведения физического эксперимента, способы обработки экспериментальных данных;</li> </ul> <p><b>–Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить оценку погрешности измерений, правильно оформить отчет по лабораторной работе, решение физической задачи;</li> <li>– использовать различные методики физических измерений в области квантовой и оптической электроники;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа и интерпретирования результатов экспериментальных и теоретических исследований;</li> <li>– навыками практического применения законов физики;</li> </ul>  |

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Защита операционных систем» сведены в таблице.

| Уровень освоения компетенции      | Результат обучения  |   |
|-----------------------------------|---|---|
|                                   | ОПК-1: Знать, уметь, владеть  | ПК-14: Знать, уметь, владеть  |
| <b>Уровень 1</b><br>(минимальный) | Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой   | Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой                    |
|                                   | Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами  | Способен показать основную идею в развитии  |
|                                   | Понимает специфику основных рабочих категорий   | Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике                      |
| <b>Уровень 2</b><br>(базовый)     | Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций   | Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал           |
|                                   | Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой   | Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее                                      |
|                                   | Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области  | Может изложить основные рабочие категории   |
| <b>Уровень 3</b><br>(продвинутый) | Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению  | В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой |
|                                   | Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа | Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания      |
|                                   | Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить   | Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа      |

## 1. Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

| Этап (уровень) освоения компетенции | Основные признаки проявления компетенции (дескрипторное описание уровня) |  |   |   |  |
|-------------------------------------|--|--|---|---|--|
|                                     | 1.   | 2.   | 3.  | 4.  | 5.   |
| <b>Уровень 1</b><br>(минимальный)   | не владеет   | слабо ориентируется в терминологии и содержании        | Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой                    | Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой   | Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала  |
|                                     | не умеет   | не выделяет основные идеи                              | Способен показать основную идею в развитии  | Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами  | Может соотнести основные идеи с современными проблемами  |
|                                     | не знает   | допускает грубые ошибки                                | Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике                      | Понимает специфику основных рабочих категорий   | Способен выделить характерный авторский подход   |
| <b>Уровень 2</b><br>(базовый)       | не владеет   | плохо ориентируется в терминологии и содержании        | Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал           | Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций   | Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал  |
|                                     | не умеет   | выделяет основные идеи, но не видит проблем            | Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее                                      | Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой   | Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике   |
|                                     | не знает   | допускает много ошибок                                 | Может изложить основные рабочие категории   | Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области  | Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области  |
| <b>Уровень 3</b><br>(продвинутый)   | не владеет   | ориентируется в терминологии и содержании              | В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой | Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению  | Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области                     |
|                                     | не умеет   | выделяет основные идеи, но не видит их в развитии      | Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания      | Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа | Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области |
|                                     | не знает   | допускает ошибки при выделении рабочей области анализа | Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа      | Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить   | Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа   |



#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Объем дисциплины *Криптографические методы защиты информации по видам учебных занятий в академических часах*)

| Объем дисциплины   | Всего часов          |  |
|--|----------------------|--|
|  | Очная форма обучения |  |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>   | 72                   |  |
| <b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b> | 32                   |  |
| в том числе:   |                      |  |
| лекции   | 16                   |  |
| практические занятия   | 16                   |  |
| лабораторные занятия   |                      |  |
| <b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>   | 40                   |  |
| экзамен  | 18                   |  |
| <b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>  | экзамен              |  |

##### 4.1. Структура дисциплины

| № п/п | Раздел дисциплины            | Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час. |                      |                        | Из них часов в активной и интерактивной форме | Формы текущего контроля успеваемости     | Формируемые компетенции |
|-------|------------------------------|--|----------------------|------------------------|---|--|-------------------------|
|       |                              | Лекции   | Практические занятия | Самостоятельная работа |   |  |                         |
| 1     | Электромагнитные волны       | 4  | 8                    | 6                      | 4   | устный опрос, проверка домашнего задания | ОПК-1<br>ОПК-6          |
| 2     | Лазеры и квантовые усилители | 8  | 4                    | 8                      | 4   | устный опрос, проверка домашнего задания | ОПК-1<br>ОПК-6          |

| №<br>п/п | Раздел дисциплины  | Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час. |                      |                        | Из них часов в активной и интерактивной форме | Формы текущего контроля успеваемости           | Формируемые компетенции |
|----------|--|--|----------------------|------------------------|---|--|-------------------------|
|          |  | Лекции   | Практические занятия | Самостоятельная работа |   |  |                         |
| 3        | Детектирование световых сигналов                             | 2  | 2                    | 12                     | 2   | устный опрос, проверка домашнего задания, тест | ОПК-1<br>ОПК-6          |
| 4        | Устройства и системы оптической связи и обработки информации | 2  | 2                    | 14                     | 2   | устный опрос, проверка домашнего задания       | ОПК-1<br>ОПК-6          |
|          | Итого:   | <b>16</b>  | <b>16</b>            | <b>40</b>              | <b>12</b>                                     |  |                         |

#### 4.2. Лекционные занятия, их содержание

| Наименование разделов и тем | Содержание   |
|-----------------------------|--|
| Электромагнитные волны      | <p><i>Лекция 1. Введение. (2 часа):</i></p> <p>Предмет дисциплины и ее задачи. Основные понятия и определения. Элементная база оптоэлектроники. История создания и развития квантовой электроники.</p> <p><i>Лекция 2. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами. (2 часа):</i></p> <p>Описание электромагнитного излучения. Элементы квантовой теории излучения. Возможные значения энергии атомов и молекул. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Вероятность вынужденного излучения. Разрешенные и запрещенные переходы. Форма и ширина спектральных линий. Уширение спектральных линий.</p> |

| Наименование разделов и тем  | Содержание  |
|------------------------------|---|
| Лазеры и квантовые усилители | <p><i>Лекции 3-6 (8 часов):</i></p> <p><i>Лекция 3 .Усиление и генерация электромагнитного излучения оптического диапазона. (2 часа):</i></p> <p>Принцип работы лазеров. Инверсия населенностей. Методы накачки. Кинетические уравнения. Трех- и четырехуровневые схемы накачки. Пороговая мощность источника накачки. Оптические резонаторы. Добротность резонатора. Потери в оптических резонаторах. Собственные типы колебаний – моды. Типы резонаторов. Спектральные характеристики и распределение поля. Условие устойчивости. Селекция мод.</p> <p>Условие самовозбуждения лазеров. Насыщение усиления. Одномодовая и многомодовая генерация. Модуляция добротности резонатора. Синхронизация мод.</p> <p><i>Лекция 4. Свойства лазерного излучения. Распространение и преобразование лазерных пучков. (2 часа):</i></p> <p>Монохроматичность. Пространственная и временная когерентность. Направленность лазерного излучения. Яркость. Гауссовы пучки. Распространение и преобразование гауссовых пучков. Методы формирования лазерных пучков. Фокусировка лазерных пучков.</p> <p><i>Лекция 5. Твердотельные и жидкостные лазеры. Газовые лазеры. (2 часа):</i></p> <p>Общая характеристика и конструкция твердотельных лазеров. Активные материалы. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Общая характеристика и конструкция жидкостных лазеров. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров. Общая характеристика и конструкция газовых лазеров.</p> <p><i>Лекция 6. (2 часа): Полупроводниковые лазеры.</i></p> <p>Требования к активным материалам. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Полупроводниковые лазеры с электронной накачкой.</p> <p><i>Лекция 5.</i></p> <p>Полупроводниковые лазеры</p> <p>Полупроводниковые лазеры</p> <p>Общая характеристика и конструкция газовых лазеров. Процессы в газовом разряде. Гелий – неоновый лазер. Ионные газовые лазеры. Лазеры на парах металлов. Лазеры на молекулярных газах. Газоразрядные CO<sub>2</sub> – лазеры. Газодинамические лазеры. Эксимерные лазеры. Химические лазеры.</p> <p><i>Лекция 6. Физические основы генерации света в полупроводниках. Полупроводниковые лазеры.</i></p> |

| Наименование разделов и тем   | Содержание  |
|---|---|
| <p>Детектирование световых сигналов</p>                             | <p><i>Лекция 7 (2 часа):</i><br/> <b>Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением.</b></p> <p>Классификация и основные параметры приемников оптического излучения. Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах. Фотоэлектрические эффекты в p-n – переходах.</p> <p>Полупроводниковые фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения.</p> <p>Особенности приборов управления оптическим излучением. Модуляторы лазерного излучения. Приборы нелинейной оптики.</p> |
| <p>Устройства и системы оптической связи и обработки информации</p> | <p><i>Лекция 8 (2 часа):</i><br/> <b>Оптические методы передачи, обработки и хранения информации.</b></p> <p>Характеристика и особенности оптической связи. Элементы оптоэлектроники. Оптроны. Передача оптических сигналов по световодам. Волоконно-оптические линии связи.</p> <p>Принципы голографии. Свойства голограмм. Оптические методы обработки информации.</p>  |

### 4.3. Практические занятия, их содержание

| Наименование разделов и тем                                  | Содержание и формы проведения   |
|--|---|
| Лазеры и квантовые усилители                                 | <i>1. Практическое занятие (2 часа):</i><br>Поглощение и испускание света в веществе. Спонтанное и вынужденное излучение; вероятности квантовых переходов, коэффициенты Эйнштейна                                 |
| Лазеры и квантовые усилители                                 | <i>2. Практическое занятие (2 часа):</i><br>Оценки характеристик оптических резонаторов.  |
| Электромагнитные волны                                       | <i>3. Практическое занятие (2 часа):</i><br>Формализм комплексных функций при описании электромагнитного поля, гауссовы пучки   |
| Электромагнитные волны                                       | <i>4-5. Практическое занятие (4 часа):</i><br>Распространение света в анизотропных средах. Реализация условий синхронизма в анизотропных кристаллах. Эффективные коэффициенты оптической нелинейности кристаллов. |
| Электромагнитные волны                                       | <i>6. Практическое занятие (2 часа):</i><br>Метод эффективного показателя преломления для оценки параметров полей в оптических волноводах.  |
| Детектирование световых сигналов                             | <i>7. Практическое занятие (2 часа):</i><br>Нелинейные явления в оптических средах  |
| Устройства и системы оптической связи и обработки информации | <i>8. Практическое занятие (2 часа):</i><br>Распространение света в оптических волноводах.  |

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 5.1. Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе изучения каждой темы дисциплины и по окончании каждого раздела. Система, сроки и виды контроля доводятся до сведения каждого студента в начале занятий по дисциплине. В рамках текущего контроля оцениваются все виды работы студента, предусмотренные учебной программой по дисциплине.

Формами текущего контроля являются:

- экспресс-опрос в виде «летучки» (проводится после каждой лекции во вступительной

части практического занятия);

- проверка выполнения заданий на практических занятиях (заданий по решению задач);
- собеседование (индивидуальный опрос) по теме занятия.

Текущий контроль осуществляется в виде опроса на лекциях, практических занятиях, решении тестовых заданий, проверки домашних заданий.

**б) Примерный перечень вопросов для опроса на лекциях и практических занятиях по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»**

**Раздел 1**

**Электромагнитные волны**

1. Характеристики электромагнитной волны.
2. Формализм комплексных функций при описании электромагнитного поля.
3. Гауссовы пучки, их характеристики. Распространение гауссовых пучков в пространстве.
4. Распространение света в анизотропных средах.
5. Реализация условий синхронизма в анизотропных кристаллах.

**Раздел 2**

**Лазеры и квантовые усилители**

1. Принципы работы лазера.
2. Спонтанное излучение. Вероятность спонтанного излучения.
3. Поглощение. Вероятность поглощения.
4. Вынужденное излучение. Вероятность вынужденного излучения.
5. Расчет вероятностей поглощения и вынужденного испускания.
6. Критерии устойчивости двухзеркальных резонаторов.

**Раздел 3**

**Детектирование световых сигналов**

1. Нелинейные явления в оптических средах
2. Генерация второй гармоники
3. Оптическая параметрическая генерация

**Раздел 4**

**Устройства и системы оптической связи и обработки информации**

1. Оптические волноводы, их характеристики
2. Особенности распространения света в оптических волноводах

## в) Примеры задач для контрольных работ по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника»

1. Под каким углом  $\alpha$  к длинному ребру призмы Николя надо спилить ее основание, чтобы только необыкновенный луч прошел через призму, притом параллельно длинному ребру призмы? В этом случае угол падения обыкновенного луча на слой канадского бальзама превышает предельный угол на  $1^\circ 45'$ . Показатель преломления необыкновенного луча для данного направления 1.516, а обыкновенного 1.658. Показатель преломления канадского бальзама 1.54. Вычислить отношение длины призмы  $a$  к ее толщине  $b$  при данных условиях.
2. Дырки, создаваемые при освещении у поверхности электронного полупроводника, диффундируют в объем при  $T=300$  К, где они рекомбинируют с электронами проводимости. Определить эффективную глубину проникновения дырок, если их время жизни равно  $\tau=10^{-3}$  с, подвижность  $\mu=2000$  см<sup>2</sup>/(В·с).
3. Рассматривая импульс, представляющий собой суперпозицию двух монохроматических волн  $\cos(\omega t - kz)$  и  $\cos(\omega' t - k' z)$ , найти групповую скорость.
4. Найти полуширину линии  $H_\alpha$ , излучаемой водородом при  $50^\circ\text{C}$ . Считать, что уширение линий вызвано лишь эффектом Доплера. Выразить групповую скорость  $u$  через фазовую скорость  $v$  и  $dv/d\lambda$ , а также через  $v$  и  $dn/d\lambda$ .

## г) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Темы рефератов должны соответствовать дисциплине «Квантовая и оптическая электроника».

Примерные темы рефератов:

- Эксимерные лазеры
- Принцип работы и применение лазеров на двуокиси углерода
- Свойства лазерного излучения
- Полупроводниковые лазеры
- Жидкокристаллические экраны
- Плазменные экраны
- Оптическая запись информации, ее виды
- Физические основы оптической записи информации
- Квантовый компьютер
- Голография

Также возможны дополнительные темы рефератов.

- Лазеры на самоограниченных переходах
- Лазеры в медицине
- Технологические применения лазеров
- Волоконно-оптические линии связи
- Волоконно-оптические кабели
- Электролюминесцентные экраны
- Распространение лазерного излучения в атмосфере
- Полупроводниковые лазеры. Возможности применения.
- Лазерные гироскопы.
- Лазерные высотомеры.

## **5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубления полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Самостоятельная работа предусматривает, как правило, прочтение предыдущего лекционного материала, выполнение домашних заданий, вычислительных работ, подготовку к практическим занятиям. Необходимые для самостоятельной работы материалы перечислены в п.6 –**учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

## **5.3. Промежуточный контроль: \_\_\_\_\_ Зачет \_\_\_\_\_**

Промежуточная аттестация проводится в форме устного зачета в традиционной форме по графику промежуточной аттестации

### **СПИСОК ПРИМЕРНЫХ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ ПО КУРСУ «КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

1. Принципы работы лазера.
2. Предмет оптической и квантовой электроники.
3. Спонтанное излучение. Вероятность спонтанного излучения.
4. Поглощение. Вероятность поглощения.

5. Вынужденное излучение. Вероятность вынужденного излучения.
6. Расчет вероятностей поглощения и вынужденного испускания.
7. Разрешенные и запрещенные переходы.
8. Двухзеркальные резонаторы.
9. Нелинейные оптические явления.
10. Оптическая накачка.
11. Физические свойства газовых разрядов.
12. Оптические резонаторы.
13. Моды оптического резонатора.
14. Виды оптических резонаторов.
15. Интерферометр Фабри – Перо.
16. Время жизни и добротность резонатора.
17. Параметрическая генерация волн.
18. Сжатие импульса.
19. Групповая и фазовая скорости.
20. Генерация второй гармоники.
21. Распространение волн в анизотропном кристалле.
22. Ширина спектральной линии.
23. Однородное уширение спектральной линии.
24. Неоднородное уширение спектральной линии.
25. Усиление электромагнитных колебаний в среде с инверсной населенностью.
26. Полупроводниковые лазеры.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### а) основная литература:

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника. [текст] Учебное пособие, 2-е изд. испр. и доп., - СПб.: Лань, 2011.
2. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника. [текст] Учебное пособие, 2-е изд. испр. и доп., - СПб.: Лань, 2011.
3. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 3 квантовая и оптическая электроника : учебник для академического бакалавриата / А. А. Щука, А. С. Сигов ; отв. ред. А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 117 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01870-7. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/F00136E0-30AE-4AAF-A0E9-7C5C187750BB](http://www.biblio-online.ru/book/F00136E0-30AE-4AAF-A0E9-7C5C187750BB).

#### б) дополнительная литература:

1. Введение в квантовую физику [Текст] : учебное пособие / А. Н. Паршаков. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 351 с. - 414.48 р.
2. О.Звелто. Принципы лазеров. – СПб.; Лань, 2008.

#### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Пакет MS Office, образовательные ресурсы Интернета.

1. <http://pskgu.ru/ebooks/okfizykc.html> Учебные пособия по общей физике.
2. <http://lectoriy.mipt.ru/lecture?category=Physics&lecturer> Видеолекции и открытые образовательные материалы ФизТеха. Лекции по Физике.
3. <http://feynmanlectures.caltech.edu/>- The Feynman Lectures on Physics
4. <http://pskgu.ru/ebooks/tf.html> . Теоретическая Физика.
5. <http://physics.nad.ru/> - физика в анимациях
6. <http://dmitryukts.narod.ru/kopilka/video.html>- опыты по физике.
7. <https://sites.google.com/site/rggmustud/> Актуальная информация для студентов, проходящих обучение физике в РГГМУ.
8. <http://www.alleng.ru/>
9. <https://bibliotech.esstu.ru> -Электронно-библиотечная система РГГМУ

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

| Вид учебных занятий | Организация деятельности студента   |
|---------------------|---|
| Лекции              | В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
|                             | <p>физических законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.</p>  |
| <p>Практические занятия</p> | <p>Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно - теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач, решить задачи заданные на дом (не менее пяти типовых задач). Главным содержанием практических занятий является активная работа каждого студента по применению физических понятий, законов и моделей к конкретным задачам, в том числе прикладного характера. На практическом занятии главное – уяснить связь решаемых задач с теоретическими положениями. Для закрепления навыков дома решаются задачи, заданные преподавателем по пройденной теме. Для ведения записей на практических занятиях обычно заводят отдельную тетрадь. Для закрепления полученных практических навыков после изучения темы проводится тестирование. Тестовые задания выполняются в виде решения индивидуальных задач во внеаудиторное время и сдаются преподавателю на проверку. Проверенные тесты хранятся у преподавателя до завершения изучения дисциплины.</p> <p>Логическая связь лекций и практических занятий заключается в том, что информация, полученная на лекции, в процессе самостоятельной работы на практическом занятии осмысливается и перерабатывается, при помощи преподавателя анализируется до мельчайших подробностей, после чего прочно усваивается.</p> |
| <p>Внеаудиторная работа</p> | <p>представляет собой вид занятий, которые каждый студент организует и планирует самостоятельно. Самостоятельная работа студентов включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельное изучение разделов дисциплины;</li> <li>– подготовку к практическим занятиям, решение индивидуальных задач;</li> <li>– выполнение дополнительных индивидуальных творческих заданий;</li> </ul>   |
| <p>Подготовка к зачету</p>  | <p>Зачет имеет целью проверить и оценить уровень теоретических знаний, умение применять их к решению практических задач, а также степень овладения практическими умениями и навыками в объеме требований учебных программ.</p> <p>Подготовка к зачету предполагает изучение конспектов лекций, рекомендуемой литературы и других источников, повторение материалов практических занятий.</p>   |

**8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

| Тема (раздел) дисциплины                                     | Образовательные и информационные технологии   | Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем  |
|--|---|---|
| Электромагнитные волны                                       | Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, самостоятельная работа студентов | Microsoft Windows<br>Microsoft Office: Word, Excel<br>PowerPoint; ЭБС<br>РГГМУ<br><a href="https://bibliotech.esstu.ru">https://bibliotech.esstu.ru</a> |
| Лазеры и квантовые усилители                                 | Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, самостоятельная работа студентов | Microsoft Windows<br>Microsoft Office: Word, Excel<br>PowerPoint;<br>ЭБС РГГМУ<br><a href="https://bibliotech.esstu.ru">https://bibliotech.esstu.ru</a> |
| Детектирование световых сигналов                             | Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, самостоятельная работа студентов | Microsoft Windows<br>Microsoft Office: Word, Excel<br>PowerPoint;<br>ЭБС РГГМУ<br><a href="https://bibliotech.esstu.ru">https://bibliotech.esstu.ru</a> |
| Устройства и системы оптической связи и обработки информации | Лекции, практические занятия, практические задания (домашние задачи), собеседование, самостоятельная работа студентов | Microsoft Windows<br>Microsoft Office: Word, Excel<br>PowerPoint;<br>ЭБС РГГМУ<br><a href="https://bibliotech.esstu.ru">https://bibliotech.esstu.ru</a> |

## 9. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации,

соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

**Учебная аудитория для проведения занятий практического типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

**Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

**Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

**Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

**Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования** – укомплектовано специализированной мебелью для хранения оборудования и техническими средствами для его обслуживания.

**Лаборатории** - Лаборатория оптики и ядерной физики.