

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета



И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Оптические системы связи»**

Направление подготовки

11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)

«Сети, системы и устройства телекоммуникаций»

Форма обучения

очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года.

Ярославль

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Оптические системы связи» являются изучение основ построения и функционирования современных оптических систем передачи и обработки информации.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Оптические системы связи» относится к вариативной части Блока 1.

Для освоения данной дисциплины студенты должны владеть математическим аппаратом векторного и тензорного анализа, линейной алгебры, дифференциального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать специальные функции математической физики и их свойства, знать основы электродинамики, физики колебательных и волновых процессов, атомной и ядерной физики, электроники, теории вероятности и математической статистики.

Полученные в курсе «Оптические системы связи» знания позволяют сформировать у студента современное представление о фотонной структуре электромагнитного поля, об элементарных квантовых актах однофотонного и многофотонного взаимодействия поля с веществом и их конкретном проявлении при преобразовании, усилении, регистрировании и генерации электромагнитного излучения оптического диапазона длин волн, о принципах построения оптических систем передачи информации.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)   | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)   | Перечень планируемых результатов обучения   |
|---|--|---|
| <b>Профессиональные компетенции</b>   |  |   |
| <b>ПК-1</b><br>Способен проводить обзор и анализ современных достижений науки, самостоятельно собирать и анализировать исходные данные в том числе с использованием передовых ИКТСС, формулировать задачи профессиональной деятельности для достижения поставленной цели. | <b>ИД_ПК-1.1</b> Осуществляет работу с современными источниками научно-технической информации, в том числе с использованием ИКТСС.<br><br><b>ИД_ПК-1.2</b> Самостоятельно осуществляет анализ исходных данных для постановки задач профессиональной деятельности.<br><br><b>ИД_ПК-1.3</b> Самостоятельно формулирует задачи профессиональной деятельности. | <b>Знает:</b><br>– основы и принципы создания и функционирования современных оптических сетей передачи информации, оптических передатчиков, усилителей и генераторов, приёмников, влияние среды распространения на оптический сигнал, а также устройств и систем преобразования и фильтрации оптических сигналов.<br><br><b>Умеет:</b><br>– рассчитать условия работы и конструировать оптические системы передачи информации;<br>– осуществлять поиск современного оборудования для оптических систем передачи информации исходя из требуемых характеристик в том числе с использованием ИКТСС.<br>– проводить анализ оптических линий |

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка) | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка) | Перечень планируемых результатов обучения  |
|---|--|--|
|   |  | <p>связи.</p> <p>– самостоятельно формулировать требования к оптической системе связи и ставить задачи для достижения поставленной цели.</p> <p><b>Владеет:</b></p> <p>– математическим аппаратом электродинамики и квантовой механики, применительно к оптическим системам.</p> |

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часа.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой «Электронный университет Moodle ЯрГУ».

| №<br>п/п | Темы (разделы)<br>дисциплины,<br>их содержание              | Семестр | Виды учебных занятий,<br>включая самостоятельную ра-<br>боту студентов,<br>и их трудоемкость<br>(в академических часах) |              |              |              |                             |   | Формы текущего кон-<br>троля успеваемости<br><br>Форма промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам)<br><br>Формы ЭО и ДОТ<br>(при наличии) |
|----------|---|---------|---|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|---|---|
|          |   |         | Контактная работа   |              |              |              |                             |   |   |
|          |   |         | лекции  | практические | лабораторные | консультации | аттестационные<br>испытания |   |   |
| 1        | Введение  | 3       | 0,5   |              |              |              |                             |   |   |
| 2        | Основы распространения<br>оптических волн в свето-<br>водах | 3       | 1   |              | 4            | 0,5          |                             | 7 | Защита лабораторной ра-<br>боты   |
|          | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                               |         |   |              |              |              |                             | 3 |   |
| 3        | Каналы волоконно-<br>оптической связи                       | 3       | 1   |              | 6            | 0,6          |                             | 7 | Защита лабораторной ра-<br>боты   |
|          | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                               |         |   |              |              |              |                             | 3 |   |
| 4        | Источники оптического<br>излучения                          | 3       | 1,5   |              | 4            | 0,5          |                             | 7 | Защита лабораторной ра-<br>боты   |
|          | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                               |         |   |              |              |              |                             | 3 |   |
| 5        | Устройства управления                                       | 3       | 1   |              |              | 0,6          |                             | 4 | Задания для самостоя-<br>тельной работы   |
|          | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                               |         |   |              |              |              |                             | 2 |   |
| 6        | Волоконно-оптические<br>усилители и регенераторы            | 3       | 1   |              |              | 0,5          |                             | 4 | Задания для самостоя-<br>тельной работы, реферат  |
|          | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                               |         |   |              |              |              |                             | 2 |   |

|   |   |   |          |  |           |          |            |             |  |
|---|---|---|----------|--|-----------|----------|------------|-------------|--|
| 7 | Приёмники оптического излучения                     | 3 | 1        |  | 4         | 0,5      |            | 4           | Защита лабораторной работы, задания для самостоятельной работы |
|   | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                       |   |          |  |           |          |            | 2           |  |
| 8 | Методы уплотнения каналов в оптических линиях связи | 3 | 1        |  |           | 0,4      |            | 4           | Задания для самостоятельной работы, реферат                    |
|   | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                       |   |          |  |           |          |            | 1           |  |
| 9 | Атмосферные оптические линии связи                  | 3 | 1        |  |           | 0,4      |            | 4           | Задания для самостоятельной работы, реферат                    |
|   | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                       |   |          |  |           |          |            | 1           |  |
|   |   | 3 |          |  |           | 2        | 0,5        | 33,5        | Экзамен  |
|   | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                       |   |          |  |           |          |            | 10          | Тест для самопроверки в ЭУК в LMS Moodle                       |
|   | <b>Всего за 3 семестр<br/>144 часа</b>              |   | <b>9</b> |  | <b>18</b> | <b>6</b> | <b>0,5</b> | <b>74,5</b> |  |
|   | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                       |   |          |  |           |          |            | <b>27</b>   |  |
|   |   |   |          |  |           |          |            |             |  |
|   | <b>ИТОГО</b>  |   | <b>9</b> |  | <b>18</b> | <b>6</b> | <b>0,5</b> | <b>74,5</b> |  |
|   | <i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>                       |   |          |  |           |          |            |             |  |

*Примечание: объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Оптические системы связи» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.*

#### Содержание разделов дисциплины:

### 1. Введение

- 1.1. Волоконная оптика в современных условиях.
- 1.2. История проблемы.
- 1.3. Основные преимущества волоконно-оптических систем.

### 2. Основы распространения оптических волн в световодах

- 2.1. Постановка задачи.
- 2.2. Ввод оптического излучения в волокно.
- 2.3. Понятие числовой апертуры.
- 2.4. Распространение оптических волн в волоконном световоде (ВС) в приближении геометрической оптики.
- 2.5. Основные типы световодов, их геометрические и технологические особенности.
- 2.6. Волновая модель распространения электромагнитных волн в ВС. Волновое уравнение для цилиндрического волновода.
- 2.7. Модовая структура полей в ВС.
- 2.8. Дисперсионные характеристики ВС.
- 2.9. Условие отсечки мод.
- 2.10. Одномодовый световод.
- 2.11. Материальная дисперсия в волокне.
- 2.12. Волноводная дисперсия в ВС.
- 2.13. Сравнение влияния разных дисперсионных механизмов на расплывание волнового пакета в ВС.
- 2.14. Физические причины затухания в волокнах.
- 2.15. Рэлеевское рассеяние в волокне.

- 2.16. Количественные оценки уровня оптических потерь в ВС.
- 3. Каналы волоконно-оптической связи.**
  - 3.1. Общая структура волоконно-оптического канала связи.
  - 3.2. Элементная база волоконно-оптического канала передачи информации.
  - 3.3. Определение функциональных параметров.
- 4. Источники оптического излучения**
  - 4.1. Источники оптического излучения в волоконной технике.
  - 4.2. Физические механизмы излучательной рекомбинации в полупроводниках.
  - 4.3. Полупроводниковый инжекционный лазер, его особенности.
  - 4.4. Структуры полупроводниковых лазеров, применяемых в оптоэлектронных системах.
  - 4.5. Характеристики инжекционных лазеров.
  - 4.6. Модуляционные свойства.
- 5. Устройства управления**
  - 5.1. Электрооптический амплитудный модулятор.
  - 5.2. Волоконно-оптический коммутатор. Его основные характеристики.
- 6. Волоконно-оптические усилители и регенераторы**
  - 6.1. Регенераторы.
  - 6.2. Волоконно-оптические усилители на волокне, активированном эрбием, на фтористом волокне. Их характеристики.
- 7. Приёмники оптического излучения**
  - 7.1. Типы приёмников.
  - 7.2. Фотодиоды Шотки.
  - 7.3. Pin-фотодиоды.
  - 7.4. Лавинные фотодиоды.
- 8. Методы уплотнения каналов в оптических линиях связи**
  - 8.1. Виды уплотнения каналов.
  - 8.2. Виды WDM, их особенности и устройства.
- 9. Атмосферные оптические линии связи**
  - 9.1. Особенности и сравнение АОЛС с радиорелейными линиями связи.
  - 9.2. Потери в АОЛС.
  - 9.3. Методы расчёта АОЛС.

### **Темы лабораторных работ**

- Лабораторная работа №1 «Прохождение оптических импульсов по одномодовым волоконным световодам».
- Лабораторная работа №2 «Прохождение оптических импульсов по многомодовым волоконным световодам».
- Лабораторная работа №3 «Изучение метода обратного рассеяния в волоконных световодах с помощью оптического рефлектометра».
- Лабораторная работа №4 «Исследование потерь в разъёмных и неразъёмных соединениях волоконных световодов».
- Лабораторная работа №5 «Исследование характеристик оптической линии связи с помощью оптического рефлектометра».

## 5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения проводятся практические и лабораторные занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Задействованы:

- интерактивная лекция.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Задействованы:

- допуск к выполнению экспериментальных исследований,
- коллективная работа в ходе выполнения лабораторной работы,
- командная защита отчёта.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

**Асинхронная консультация** (в рамках онлайн курса) – занятие по окончании модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Оптические системы передачи информации» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины;
- представлены правила прохождения аттестации по дисциплине.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Пуговкин, А. В. Основы построения инфокоммуникационных сетей и систем : учебное пособие для вузов / А. В. Пуговкин, Д. А. Покаместов, Я. В. Крюков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-5905-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156402>
2. Шарангович, С. Н. Многоволновые оптические системы связи : учебное пособие / С. Н. Шарангович. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 120 с. — ISBN 978-5-8114-3540-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115521>
3. Варданян, В. А. DWDM-SCM-PON-сети : монография / В. А. Варданян. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-4615-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136176>
4. Фокин, В. Г. Гибкие оптические сети : учебное пособие для вузов / В. Г. Фокин, Р. З. Ибрагимов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-6954-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169799>

### **б) дополнительная литература**

1. Хамадулин, Э. Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах : учебное пособие для вузов / Э. Ф. Хамадулин. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 365 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-5976-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/488633>
2. Игнатов, А.Н., Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие для вузов / А. Н. Игнатов, СПб. : Лань, 2011, 538с.

3. Горлов Н. И. Волоконно-оптические линии передачи: методы и средства измерений параметров. / Н. И. Горлов, И. В. Богачков - М. : Радиотехника, 2009. 188 с.

**в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ  
([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Старший преподаватель кафедры  
инфокоммуникаций и радиофизики

*должность, ученая степень*

*подпись*

А.А. Афонин

*И.О. Фамилия*



**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Оптические системы связи»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, ха-  
рактеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

**Темы лабораторных работ**

**Лабораторная работа №1** «Прохождение оптических импульсов по одномодовым волоконным световодам».

**Лабораторная работа №2** «Прохождение оптических импульсов по многомодовым волоконным световодам».

**Лабораторная работа №3** «Изучение метода обратного рассеяния в волоконных световодах с помощью оптического рефлектометра».

**Лабораторная работа №4** «Исследование потерь в разъемных и неразъемных соединениях волоконных световодов».

**Лабораторная работа №5** «Исследование характеристик оптической линии связи с помощью оптического рефлектометра».

**Критерии оценивания выполнения и защиты лабораторных работ**

«Зачтено» - соблюдены все условия проведения эксперимента, результаты адекватные, отчет соответствует единым требованиям к отчетам по лабораторным работам, ответы на вопросы при защите корректные, дан ответ на все вопросы.

«Не зачтено» - получены неверные результаты, отчет не соответствует требованиям, дан ответ не на все вопросы или ответы при защите неверные.

**Задания для самостоятельной работы**

**Задания по теме № 5 «Устройства управления»:**

1. Проанализировать различные типы оптических коммутаторов. Изучить принципы их работы. Сравнить характеристики современных устройств, выпускаемых промышленностью.
2. Изучить перспективные типы коммутации оптических сигналов.

**Задания по теме № 6 «Волоконно-оптические усилители и регенераторы»:**

1. Изучить принцип работы оптического усилителя на фтористом волокне. Произвести сравнение характеристик этого усилителя с усилителем на волокне с примесями эрбия.

**Задания по теме № 7 «Приёмники оптического излучения»:**

1. Изучить и проанализировать характеристики современных приёмо-передающих устройств оптических линий связи, выпускаемых промышленностью.
2. Изучить принципы работы перспективных приёмников оптических сигналов.
3. Изучить принципы работы перспективных оптических (в том числе фотонных) систем передачи информации.

**Критерии оценивания заданий для самостоятельной работы, отчётов по лабораторным работам и защиты работ**

| <b>Критерий</b>                        | <b>Пороговый уровень</b>  | <b>Продвинутый уровень</b>   | <b>Высокий уровень</b>   |
|--|---|--|--|
| <b>Качество модели</b>                 | Адекватная объекту исследований и заданным условиям   | Адекватная объекту исследований и заданным условиям  | Адекватная объекту исследований и заданным условиям  |
| <b>Методика</b>                        | Соблюдена не полностью, есть отступления, повлекшие погрешности или выход в режимы, не описываемые моделью    | Соблюдена, однако выясняется, что студент не понимает, почему именно предписанные действия следует предпринимать                                   | Соблюдена полностью и осмысленно   |
| <b>Отчёт</b>                           | Имеет 1-2 недостатка, однако в целом соответствует требованиям к отчёту по лабораторным работам и читабелен   | Имеет некоторые незначительные недостатки в оформлении или представлении результатов   | Соответствует всем требованиям к отчёту по лабораторным работам, аккуратно оформлен  |
| <b>Результаты исследования</b>         | В целом соответствуют заданию и адекватны объекту, однако погрешность результатов не контролировалась         | Соответствуют заданию, адекватны объекту, имеется статистическая обработка результатов   | Полностью соответствуют заданию, корректно отображают объект исследования в заданных условиях, погрешность контролировалась, обработка результатов проведена                       |
| <b>Объяснения и выводы</b>             | Объяснения отрывочны, выводы бессодержательные, причины расхождения с теорией (если требовалось) не объяснены | В объяснениях есть гипотезы и аргументы в их пользу, однако не продемонстрировано уверенное владение методологией и терминологией в данной области | Объяснения проводятся с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная, сделанные выводы соответствуют свойствам исследуемого объекта |
| <b>Ответы на вопросы при допуске и</b> | Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в                           | Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и неко-  | Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам   |

|        |               |  |  |
|--------|---------------|--|--|
| защите | терминологии. | торой нехваткой терминологической лексикой | законов, указанием методов, аргументация логичная. |
|--------|---------------|--|--|

### Темы рефератов

1. Регенераторы и оптические усилители. Сравнение характеристик.
2. Оптические усилители, их виды и принципы работы.
3. Оптическое волокно с отрицательной дисперсией.
4. Фотонные системы передачи информации.
5. Современное оборудование для уплотнения сигналов оптических систем связи.
6. Современное оборудование для построения атмосферных оптических линий связи.

### Критерии оценивания рефератов

| Критерий                   | Пороговый уровень  | Продвинутый уровень  | Высокий уровень  |
|----------------------------|--|--|--|
| <b>Объём</b>               | Не менее 2-х страниц содержательного текста  | Не менее 3-х страниц содержательного текста с примерами  | Не менее 4-х страниц содержательного текста с примерами.   |
| <b>Структура</b>           | Содержательная часть содержит постановку проблемы, ее анализ, выводы. Анализ неполный, выводы фрагментированные или неаргументированные. | Содержательная часть содержит постановку проблемы, ее анализ, выводы. Проблема проработана полностью, содержит различные точки зрения, но не хватает отдельных элементов и тонкостей или есть ошибки в выводах | Содержательная часть содержит постановку проблемы, ее анализ, выводы. Изложение безошибочное и исчерпывающее |
| <b>Оформление</b>          | Визуальное приемлемое, содержит титульный лист, оглавление, текст, список литературы   | По правилам оформления ВКР (в сокращённой форме)   | По правилам оформления ВКР (в сокращённой форме)   |
| <b>Ссылки на источники</b> | Расставлены  | Расставлены в правильных местах  | Расставлены в правильных местах  |

## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Список вопросов к экзамену:

1. Вероятность квантового перехода из состояния  $E_n$  в состояние  $E_m$  под действием внешнего поля.
2. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом.
3. Электродипольное взаимодействие. Вероятность адсорбции и индуцированного испускания.
4. Спонтанное излучение. Соотношения Эйнштейна.
5. Взаимодействие внешнего поля и квантовых объектов в состоянии термодинамического равновесия.
6. Принцип работы лазера. Расходимость луча.
7. Принцип работы лазера. Резонатор.
8. Принцип работы лазера. Условие генерации.
9. Зонная структура полупроводника. Условие генерации полупроводникового лазера.
10. Принцип работы лазера на гомо-р-n-переходе.
11. Гетеро-р-n-переход. Эффекты, возникающие в нем. Устройство ДГС-лазера.
12. Пороговая плотность тока инжекционного ДГС-лазера.
13. Гетеролазеры с отдельным электронным и оптическим ограничением (РОДГС-лазеры). Гетеролазеры с распределенной обратной связью (РОДГС РОС-лазеры).
14. Приборы управления лазерным излучением. Электрооптические эффекты.
15. Приборы управления лазерным излучением. Магнитооптические и пьезооптические эффекты.
16. Изменение показателя преломления при электрооптическом эффекте на примере кристалла KDP.
17. Электрооптический амплитудный модулятор.
18. Распространение электромагнитной волны в оптическом волноводе.
19. Волоконно-оптические каналы передачи информации. Лучевая теория передачи сигналов по световодам.
20. Типы волоконных волноводов. Причины затухания сигналов в световодах. Дисперсия одномодового и многомодового волокон.
21. Конструкция волоконно-оптического кабеля. Классификация одномодового волокна в соответствии с дисперсионными характеристиками. Профиль показателя преломления.
22. Определения функциональных параметров пассивных оптических устройств.
23. Неразъемные соединения и оптические разъемы. Типы оптических разъемов.
24. Разветвители. Атенюаторы. Изоляторы. Фильтры на основе дифракции.
25. Фильтры на основе интерференции (Фабри-Перо, Маха-Цендера, решетка Брэгга, волоконно-оптическая решетка Брэгга).
26. Мультиплексирование и демультиплексирование.
27. Волоконно-оптические усилители, их характеристики.
28. Волоконный лазерный усилитель.
29. Приемники оптических сигналов. Характеристики.
30. Фотодиод Шотки.
31. pin-фотодиод.
32. Лавинный фотодиод.
33. Атмосферные оптические линии связи. Их характеристики.
34. Методы уплотнения каналов волоконно-оптических линий связи.

### Критерии оценивания ответов на вопросы билета

| Критерий                    | Пороговый уровень<br>(на «удовлетворительно»)   | Продвинутый<br>уровень<br>(на «хорошо»)                                    | Высокий<br>уровень<br>(на «отлично»)  |
|-----------------------------|---|--|---------------------------------------|
| Соответствие ответа вопросу | Хотя бы частичное ( <i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i> )  | Полное   | Полное                                |
| Наличие примеров            | Имеются отдельные примеры   | Много примеров   | Есть практически ко всем утверждениям |
| Содержание ответа           | Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы. | Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей | Исчерпывающий полный ответ            |

### 3 Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- выполнение домашних заданий (являются формой текущей аттестации),
- выполнение и защита всех лабораторных работ (являются формой текущей аттестации и допуском к экзамену).

Оценка за экзамен складывается из допуска к экзамену, оценки за ответы на вопросы на экзамене.

В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.

По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

**Оценка «Отлично»** выставляется студенту, который демонстрирует глубокое и полное владение содержанием материала и понятийным аппаратом квантовой механики; осуществляет межпредметные связи; умеет связывать теорию с практикой. Студент дает развернутые, полные и четкие ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, соблюдает логическую последовательность при изложении материала. Грамотно использует терминологию квантовой механики

**Оценка «Хорошо»** выставляется студенту, ответ которого на экзамене в целом соответствуют указанным выше критериям, но отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой. В ответе имеют место отдельные неточности (несущественные ошибки), которые исправляются самим студентом после дополнительных и (или) уточняющих вопросов экзаменатора.

**Оценка «Удовлетворительно»** выставляется студенту, который дает недостаточно полные и последовательные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, но при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагаются в терминах квантовой механики, но при этом допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои сужде-

ния. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется также студенту, который взял экзаменационный билет, но отвечать отказался.