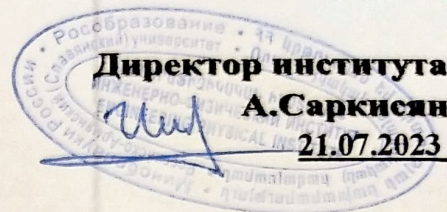


**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)  
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с  
государственными требованиями к  
минимуму содержания и уровню  
подготовки выпускников по  
направлению 11.03.02  
Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи и Положением «Об  
УМКД РАУ».

**УТВЕРЖДАЮ:**



**Инженерно-физический институт**

**Кафедра Технологии материалов и структур электронной техники**

*Автор: доцента, к.т.н., Дарьян Ара Ваграмович*

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

Дисциплина: **Б1.В.ДВ.09.01 «Оптоэлектронные и квантовые приборы  
и устройства»**

Направление: 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

ЕРЕВАН 2023

# Структура и содержание УМКД

## 1. Аннотация

1.1. Учебная программа дисциплины “Оптоэлектронные и квантовые устройства и приборы” предназначена для подготовки высококвалифицированных кадров в области телекоммуникационных технологий, которые должны обладать основными аспектами знаний в области квантовой и оптической электроники, поскольку они необходимы при проектировании и эксплуатации современных телекоммуникационных систем.

1.2. Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с такими дисциплинами: физические основы электроники, электроника, химия радиоматериалов, оптические телекоммуникационные системы, построение телекоммуникационных систем и сетей, и с последующими УМКД магистратуры.

1.3. Студент должен

- **знать** основы по курсам: математического анализа, векторного анализа, дифференциальных уравнений, по общим курсам физики: электричество и магнетизм, оптика, атомная физика;
- **уметь** применять свои знания при решении соответствующих задач;
- **владеть** навыками интегрального и дифференциального, векторного и матричного исчислений.

1.4. Дисциплины, изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины следующие - физика I, II, III, IV, математика I, II, III, IV, физика полупроводников.

## 2. Содержание

2.1. **Цель дисциплины** - изучение физических процессов и принципов построения оптоэлектронных и квантовых приборов, формирования практических навыков, необходимых для расчетов оптоэлектронных систем.

**Задача** - обеспечение знаний в области квантовой и оптической электроники и основ для применения этих знаний при изучении последующих дисциплин, предусмотренных в программе обучения.

2.2. После изучения дисциплины студент должен:

- **знать** физические основы работы и принцип действия оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств;
- **уметь** применять полученные знания при разработки и эксплуатации активных оптоэлектронных компонент в волоконно-оптических систем связи;
- **иметь** представление о современных оптоэлектронных приемных и передающих элементах и узлах, модуляторах и приемниках оптического излучения;
- **владеть** математическим инструментарием и практическими навыками для решения задач расчетного характера.

2.3. Трудоемкость дисциплины:

2.3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах
<b>Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:</b>	<b>72</b>
1. Лекции	<b>28</b>
2. Решение задач	<b>14</b>
3. Самостоятельная работа, в т. ч.:	<b>30</b>
Итоговый контроль (экзамен, зачет, диф. зачет - указать)	<b>зачет</b>

i. Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)
1	2	3	4
<b>МОДУЛЬ 1.</b> <b>Оптоэлектронные приборы и устройства</b>	23	16	7
<b>Введение</b>	1	1	
<b>Раздел 1. Приемники оптического излучения (ПОИ) оптоэлектронных приборов</b>	13	9	4
<i>Тема 1.1. Параметры ПОИ, основные характеристики ПОИ.</i>	3	2	1
<i>Тема 1.2 Неселективные приемники оптического излучения</i>	3	2	1
<i>Тема 1.3 Явление фотопроводимости, фоторезисторы</i>	3	2	1
<i>Тема 1.4 Фотодиоды, высокочастотные p-i-n и лавинные фотодиоды.</i>	4	3	1
<b>Раздел 2. Оптоэлектронные устройства регистрации и обработки изображений</b>	10	7	3
<i>Тема 2.1 Понятие об электронно-оптических системах</i>	3	2	1
<i>Тема 2.2 Электронно-оптические преобразователи (ЭОП).</i>	3	2	1
<i>Тема 2.3 Многоэлементные твердотельные полупроводниковые устройства</i>	4	3	1
<b>МОДУЛЬ 2.</b> <b>Квантовые приборы и устройства</b>	19	12	7
<b>Раздел 3. Основные типы лазерных систем и принципы их работы</b>	12	8	4
<i>Тема 3.1 Твердотельные лазеры</i>	3	2	1
<i>Тема 3.2 Газовые лазеры</i>	3	2	1
<i>Тема 3.3 Светодиоды (СИД).</i>	3	2	1

<i>Тема 3.4 Инжекционные полупроводниковые лазеры</i>	3	2	1
<b>Раздел 4. Модуляция лазерного излучения</b>	7	4	3
<i>Тема 4.1 Электрооптический эффект.</i>	3	2	1
<i>Тема 4.2 Амплитудная электрооптическая модуляция. Фазовая электрооптическая модуляция.</i>	4	2	2
<b>ИТОГО</b>	42	28	14

### 2.3.3 Содержание разделов и тем дисциплины

## **МОДУЛЬ 1. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА**

### **Введение**

Содержание дисциплины, ее задачи. Основные понятия и определения. Классификация приборов и устройств оптоэлектроники и квантовой электроники О[1] §1 О[2] §1.

### **Раздел 1. Приемники оптического излучения (ПОИ) оптоэлектронных приборов.**

#### ***Тема 1.1 Параметры ПОИ. Основные характеристики ПОИ.***

Основные параметры ПОИ. Понятие чувствительности. Различные типы шумов ПОИ, основные выражения О[1] §§ 10.2, 10.4, 10.5 Д[2] §§1.2, 1.3.

Спектральные, частотные, энергетические, информационные характеристики ПОИ. [4]

#### ***Тема 1.2 Неселективные приемники оптического излучения.***

Физические основы работы неселективных ПОИ- термоэлементы, болометры, пирометры, конструкция и их основные характеристики Д[2] §§4.1, 4.2, 4.4.

#### ***Тема 1.3 Явление фотопроводимости, фоторезисторы***

Основные выражения описывающие явления фотопроводимости, характеристические соотношения для фотопроводимости. Фоторезисторы, основные характеристики О[1] О[2] §§11.5, Д[2] §§2.1, 2.2.

#### ***Тема 1.5 Фотодиоды, высокочастотные р-і-п, лавинные фотодиоды.***

Режимы работы фотодиодов. Основные характеристики фотодиодов. Лавинные и р-і-п фотодиоды, принцип их работы, основные характеристики. Конструкция лавинных и р-і-п фотодиодов, схемы включения О[1] §§11.7-11.8, Д[1] §§12.4, 12.5, 13.1, 13.2, Д[5] 6.1. О[2]

### **Раздел 2. Оптоэлектронные устройства регистрации и обработки изображений.**

#### ***Тема 2.1 Понятие об электронно-оптических системах.***

Приемные модули в волоконно-оптических системах связи. Основное уравнение электронной оптики для аксиально-симметричных полей. Основные особенности электронной оптики, связь и различие между электронной и лучевой оптики. Д[3] Гл. 1, §§2-4.

***Тема 2.2 Электронно-оптические преобразователи (ЭОП).***

Принципы работы ЭОП. Основные компоненты и характеристики ЭОП. [4] §§2.3, 2.4, 2.10, 2.13, 2.14, 4.1, 4.2.

***Тема 2.3 Многоэлементные твердотельные полупроводниковые устройства.***

Физические основы работы ПЗС и КМОП структур их основные характеристики, области применения. Д[2] §2.7.

## **МОДУЛЬ 2. КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА**

### **Раздел 3. Основные типы лазерных систем и принципы их работы.**

***Тема 3.1 Твердотельные лазеры***

Физические основы работы твердотельных лазеров, понятия инверсной заселенности, релаксации, кпд. Описывается работа рубинового лазера, дается конструкция, основные характеристики. О[1] §§5.1-5.3, 6.3, 6.4, §7.1, О[2] §§2.3, 2.4.

***Тема 3.2 Газовые лазеры.***

Принцип работы и основные характеристики гелий-неоновых лазеров. Конструкция гелий-неоновых лазеров. О[1] §7.4.

***Тема 3.3 Светоизлучающие диоды (СИД).***

Физические основы работы СИД, основные характеристики и конструктивные особенности СИД. Д[1] §8.6, О[2] 4.1, 4.2, Д[5] §6.1.

***Тема 3.4 Инжекционные полупроводниковые лазеры.***

Физические основы работы на прямых p-n переходах и гетеропереходах. Усиление и генерация, выходная мощность, конструкция инжекционных лазеров. О[1] §7, 8, О[2] §§5.1.-5.3., Д[5] §6.2.

### **Раздел 4. Модуляция лазерного излучения**

***Тема 4.1 Электрооптический эффект.***

Понятие поляризации, уравнение эллипсоида преломления. Влияние электрического поля на характеристики кристаллов. О[1] §9.1.

***Тема 4.2 Амплитудная и фазовая электрооптическая модуляция.***

Электрооптическая модуляция в продольном и поперечном электрическом поле. Основные выражения и характеристики.

Основные выражения для фазовой модуляции в электрическом поле. Принцип работы амплитудных и фазовых электрооптических модуляторов. О[1] §9.3-9.5.

2.3.4 Краткое содержание семинарских занятий – 32 часа, и практических занятий – 22 часа.

Занятия включают семинарские занятия и решение задач по двум модулям учебной дисциплины, включая следующие разделы

1. Приемники оптического излучения оптоэлектронных приборов.
2. Оптоэлектрические устройства регистрации и обработки изображения
3. Основные типы лазерных систем и принципы их работы.
4. Модуляция лазерного излучения.

#### 2.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника
- Проектор







### **3. Теоретический блок**

#### **Рекомендуемая литература**

##### **а) основная литература**

1. Ярив А. Введение в оптическую электронику, М. Высшая школа, 1983г.
2. Б.Салех, М.Тейх Оптика и фотоника. Принципы и применения. Пер. с англ. Учебное пособие 2 томах. Долгопрудный. 2012г.

##### **б) дополнительная литература**

1. Гауэр Дж. Оптические системы связи, М. Радио и связь, 1989г.
2. Пихтин А. Н. Физические основы квантовой электроники и микроэлектроники, М. Высшая школа, 1983г.
3. Ишанин Г. Г. Приемники излучения оптических и оптоэлектронных приборов, Л. Машиностроение, 1986г.
4. Арцимович А. А., Лукьянов С. Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях, М. Наука, 1982г.
5. Бутслов М. М., Степанов Б. М. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях, М. Наука, 1978г.
6. Вербовецкий А. А., Основы проектирования цифровых оптоэлектронных систем связи, М. Радио и связь, 2000г.

### **4. Перечень вопросов итогового контроля**

1. Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения (спектральные, частотные, пороговая чувствительность).
2. Виды шумов приемников оптического излучения (тепловой, генерационно-рекомбинационный, дробовый, радиационный). Основные выражения (формулы).
3. Дробовый шум. Вывод выражения.
4. Тепловой шум (шум Дженсона). Вывод выражения.
5. Основные типы приемников оптического излучения оптоэлектронных приборов.
6. Термоэлектрические приемники оптического излучения. Принцип работы, основные характеристики.
7. Болометры. Принцип действия, основные характеристики.
8. Пироэлектрические приемники. Принцип действия, основные характеристики.
9. Внутренний фотоэффект. Собственная и примесная составляющие проводимости.

10. Фотопроводимость. Первое характеристическое соотношение для фотопроводимости.
11. Спектральные характеристики для различных типов фотопроводимости. Второе характеристическое соотношение для фотопроводимости.
12. Фоторезисторы. Принцип действия, схемы включения, основные характеристики.
13. Фотодиоды. Принцип действия. Фотогальванический и фотодиодный режим работы.
14. Вольтамперные характеристики фотодиодов для фотогальванического и фотодиодного режимов.
15. Постоянная времени и частотная характеристика фотодиодов.
16. Спектральные характеристики, шумы фотодиодов. Электронный тракт фотодиодов (схемы включения).
17. Высокочастотные фотодиоды, основные конструктивные требования, спектральные, частотные, температурные характеристики.
18. p-i-n фотодиоды. Принцип действия, основные характеристики, схема включения (электронный тракт).
19. Лавинные фотодиоды. Принцип действия, основные характеристики.
20. Приемные модули в волоконно-оптических системах связи.
21. Связь и различие электронной и лучевой оптики. Осесимметричные электронно-оптические системы, принцип фокусировки электронной линзой.
22. Основное уравнение электронной оптики для аксиально-симметричных полей.
23. Электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Основные характеристические свойства и компоненты ЭОП.
24. Спонтанные переходы между атомными уровнями. Индуцированные переходы.
25. Трех и четырехуровневые лазеры. Основные понятия. Накачка и к.п.д лазеров.
26. Основные принципы работы и конструкция рубинового лазера, основные характеристики.
27. Принцип работы гелий-неонового лазера, основные характеристики, описание конструкции.
28. GaAs лазеры на прямом p-n переходе, основные параметры.
29. Принцип работы инжекционных лазеров на гетеропереходах.
30. Светоизлучающие диоды, принцип построения, конструкция, основные характеристики.
31. Передающие модули в волоконно-оптических системах связи.
32. Электрооптический эффект. Уравнение эллипсоида показателя преломления в присутствии электрического поля.
33. Амплитудная электрооптическая модуляция лазерного излучения.

34. Фазовая модуляция оптического излучения.

35. Электрооптическая модуляция лазерного излучения в поперечном поле.