



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ  
(МИИГАиК)

Факультет оптического приборостроения  
Кафедра оптико-электронных приборов



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1  
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович  
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор  
А. Л. Степанченко  
16 февраля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«Б1.О.26 ОСНОВЫ ФОТОНИКИ И КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»**

Уровень высшего образования: специалитет

Специальность: 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы  
специального назначения

Направленность(профиль) подготовки: Электронные и оптико-электронные приборы и  
системы дистанционного зондирования Земли

Квалификация (степень) выпускника: специалист

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2024

Срок получения образования: 5 лет 6 месяца(-ев)

Объем:  
в зачетных единицах: 3 з.е.  
в академических часах: 108 ак.ч.

Москва, 2024

**Разработчики:**

Профессор кафедры Оптико-электронных приборов, доктор физико-математических наук, доцент Истомина Н. Л.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 12.05.01 Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения, утвержденного приказом Минобрнауки от 09.08.2018 № 93

**Согласование и утверждение**

| № | Подразделение                                   | Ответственное<br>лицо                        | ФИО           | Виза        | Дата, протокол<br>(при наличии) |
|---|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|-------------|---------------------------------|
| 1 | факультет<br>Оптического<br>приборостроен<br>ия | Председатель<br>ученого совета<br>факультета | Торшина И. П. | Рассмотрено | 15.02.2024, №<br>2/23-24        |

## Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3. Место дисциплины в структуре ОП
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
  - 5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
  - 5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля
6. Оценочные материалы текущего контроля
7. Оценочные материалы промежуточной аттестации
8. Порядок проведения промежуточной аттестации
9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
  - 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
  - 9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
  - 9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
  - 9.4. Оборудование и технические средства обучения
10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

## **1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)**

Цель освоения дисциплины - расширение и углубление знаний о квантовой природе оптических явлений, лежащих в основе действия лазеров

Задачи изучения дисциплины:

- освоение студентами навыков к анализу исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора;
- формирование у студентов умений анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов;
- формирование у студентов умений разрабатывать отдельные программы и подпрограммы для решения различных задач проектирования, конструирования, исследования и контроля оптоэлектроники, оптических и оптикоэлектронных приборов;
- дать студентам навыки работать с базами данных и источниками информации.

## **2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

*Компетенции, индикаторы и результаты обучения*

ОПК-1 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и сопровождением производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, эксплуатацией и организацией функционирования электронных и оптико-электронных систем специального назначения

ОПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем в инженерной деятельности

*Знать:*

ОПК-1.1/Зн1 Сущность проблем, возникавших в естествознании на различных этапах развития духовной культуры

ОПК-1.1/Зн2 Теоретические основы, принципы, методы и модели к построению объектов разработок САР (и САУ)

*Уметь:*

ОПК-1.1/Ум1 Пользоваться знаниями в области естественных наук для объяснения концепций современного естествознания

ОПК-1.1/Ум2 Анализировать разработки моделей объектов САР(и САУ), применять принципы и методы идентификации для их построения, оценки эффективности и качества

*Владеть:*

ОПК-1.1/Нв1 Методами анализа для тактико-технических характеристик (ТТХ) электронных и оптикоэлектронных приборов и систем специального назначения, методами проектирования САР (и САУ) с основными способами составления моделей и программ на их разработку

ОПК-1.2 Применяет методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности

*Знать:*

ОПК-1.2/Зн1 Методы разработки математических моделей к анализу процессов и объектов для электронных и оптикоэлектронных приборов и систем спецназначения

*Уметь:*

ОПК-1.2/Ум1 Формализовать математические модели процессов и объектов в динамических САР (и САУ) для электронных и оптико-электронных приборов и систем специального назначения

*Владеть:*

ОПК-1.2/Нв1 Навыками информационного моделирования типовых объектов систем САР и САУ электронных и оптикоэлектронных приборов и систем специального назначения

ПК-3 Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оплотехники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования

ПК-3.1 Разрабатывает функциональные и структурные схемы оплотехники, определяет физические принципы действия устройств в соответствии с техническими требованиями с использованием теоретических методов и программных средств проектирования и конструирования

*Знать:*

ПК-3.1/Зн1 Основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

*Уметь:*

ПК-3.1/Ум1 Использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов и комплексов и системы электронного документооборота

Разрабатывать отдельные программы и подпрограммы для решения различных задач проектирования, конструирования, исследования и контроля оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

*Владеть:*

ПК-3.1/Нв1 Методикой энергетического расчета типовых систем, приборов, деталей и узлов оплотехники с учетом требований к параметрам и характеристикам приемников излучения

ПК-3.2 Рассчитывает, визуализирует и моделирует действие оптических элементов и систем с использованием специализированного программного обеспечения, обрабатывает и анализирует результаты расчета с использованием специализированного программного обеспечения

*Знать:*

ПК-3.2/Зн1 основы проектирования, конструирования и производства оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Принципы построения и состав оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

*Уметь:*

ПК-3.2/Ум1 использовать профессиональные пакеты прикладных программ для проектирования и конструирования оптических и оптикоэлектронных приборов и комплексов и системы электронного документооборота. Работать с базами данных и источниками информации. Производить компьютерное моделирование с использованием методов системного подхода для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей с учетом используемых технологий производства и сборки

*Владеть:*

### 3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.О.26 «Основы фотоники и квантовой электроники» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 4.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

| Период обучения | Общая трудоемкость (часы) | Общая трудоемкость (ЗЕТ) | Лекционные занятия (часы) | Практические занятия (часы) | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация (часы) |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 4 семестр       | 108                       | 3                        | 34                        | 17                          | 57                            | Зачет                           |
| Всего           | 108                       | 3                        | 34                        | 17                          | 57                            |                                 |

### 5. Содержание дисциплины (модуля)

#### 5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

| Наименование раздела, темы                                                  | Всего     | Лекционные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Планируемые результаты обучения, соответствующие результатам освоения программы |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. предмет и задачи квантовой электроники</b>                     | <b>14</b> | <b>4</b>           | <b>2</b>             | <b>8</b>               | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2                                                              |
| Тема 1.1. Введение                                                          | 7         | 2                  | 1                    | 4                      |                                                                                 |
| Тема 1.2. Физические основы курса                                           | 7         | 2                  | 1                    | 4                      |                                                                                 |
| <b>Раздел 2. параметры и способы описания оптического излучения.</b>        | <b>11</b> | <b>4</b>           | <b>2</b>             | <b>5</b>               | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2                                                              |
| Тема 2.1. Уравнения Максвелла. Преобразование пучков оптическими системами. | 11        | 4                  | 2                    | 5                      |                                                                                 |
| <b>Раздел 3. оптические свойства возбужденной среды</b>                     | <b>19</b> | <b>6</b>           | <b>3</b>             | <b>10</b>              | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2                                                              |

|                                                                                                                         |            |           |           |           |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------------|
| Тема 3.1. Оптические свойства возбужденной среды                                                                        | 10         | 4         | 1         | 5         |                                        |
| Тема 3.2. Энергетические состояния и инверсная населенность                                                             | 9          | 2         | 2         | 5         |                                        |
| <b>Раздел 4. взаимодействие излучения с возбужденной средой</b>                                                         | <b>18</b>  | <b>4</b>  | <b>4</b>  | <b>10</b> | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ПК-3.1<br>ПК-3.2 |
| Тема 4.1. Взаимодействие излучения с возбужденной средой.                                                               | 9          | 2         | 2         | 5         |                                        |
| Тема 4.2. Поглощение и усиление излучения                                                                               | 9          | 2         | 2         | 5         |                                        |
| <b>Раздел 5. возбуждение активного вещества (накачка)</b>                                                               | <b>10</b>  | <b>4</b>  | <b>1</b>  | <b>5</b>  | ОПК-1.1<br>ОПК-1.2<br>ПК-3.1<br>ПК-3.2 |
| Тема 5.1. Возбуждение активного вещества                                                                                | 10         | 4         | 1         | 5         |                                        |
| <b>Раздел 6. оптические резонаторы. Открытые оптические резонаторы. Параметры и характеристики лазерного излучения</b>  | <b>17</b>  | <b>4</b>  | <b>3</b>  | <b>10</b> | ПК-3.1<br>ПК-3.2                       |
| Тема 6.1. Открытые оптические резонаторы.                                                                               | 9          | 2         | 2         | 5         |                                        |
| Тема 6.2. Параметры и характеристики лазерного излучения.                                                               | 8          | 2         | 1         | 5         |                                        |
| <b>Раздел 7. Управление параметрами лазерного излучения. Управление направлением и размером пучка.</b>                  | <b>10</b>  | <b>4</b>  | <b>1</b>  | <b>5</b>  | ПК-3.1<br>ПК-3.2                       |
| Тема 7.1. Управление параметрами лазерного излучения.                                                                   | 10         | 4         | 1         | 5         |                                        |
| <b>Раздел 8. регистрация электромагнитного излучения. Нелинейные оптические эффекты. Исследование свойств излучения</b> | <b>9</b>   | <b>4</b>  | <b>1</b>  | <b>4</b>  | ПК-3.1<br>ПК-3.2                       |
| Тема 8.1. Характеристики источников излучения                                                                           | 9          | 4         | 1         | 4         |                                        |
| <b>Итого</b>                                                                                                            | <b>108</b> | <b>34</b> | <b>17</b> | <b>57</b> |                                        |

## 5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

### *Раздел 1. предмет и задачи квантовой электроники*

#### *Тема 1.1. Введение*

Предмет и задачи квантовой электроники.

## *Тема 1.2. Физические основы курса*

Связь с другими дисциплинами.

## ***Раздел 2. параметры и способы описания оптического излучения.***

### *Тема 2.1. Уравнения Максвелла. Преобразование пучков оптическими системами.*

Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Переход к лучевой оптике. Лучевые матрицы. Преобразование пучков оптическими системами.

## ***Раздел 3. оптические свойства возбужденной среды***

### *Тема 3.1. Оптические свойства возбужденной среды*

Уровни энергии атомов и молекул. Электронные уровни.

### *Тема 3.2. Энергетические состояния и инверсная населенность*

Населенность и время жизни уровней. Возможность усиления в инверсной среде.

## ***Раздел 4. взаимодействие излучения с возбужденной средой***

### *Тема 4.1. Взаимодействие излучения с возбужденной средой.*

Квантовые переходы. Спонтанное и стимулированное излучение.

### *Тема 4.2. Поглощение и усиление излучения*

Насыщенное и ненасыщенное усиление. Однородное и неоднородное усиление.

## ***Раздел 5. возбуждение активного вещества (накачка)***

### *Тема 5.1. Возбуждение активного вещества*

Методы накачки и процессы, приводящие к инверсии населенностей на рабочих уровнях. Схемы возбуждения активного вещества.

## ***Раздел 6. оптические резонаторы. Открытые оптические резонаторы. Параметры и характеристики лазерного излучения***

### *Тема 6.1. Открытые оптические резонаторы.*

Оптические резонаторы. Функции и назначение. Спектр собственных частот. Поперечные моды

## *Тема 6.2. Параметры и характеристики лазерного излучения.*

Генерация лазерного излучения. Амплитудное и фазовое условия генерации. Одномодовая и одночастотная генерация. Генерация гигантских импульсов.

## ***Раздел 7. Управление параметрами лазерного излучения. Управление направлением и размером пучка.***

### *Тема 7.1. Управление параметрами лазерного излучения.*

Ослабление излучения. Модуляция параметров излучения. Изменение частоты и фазы колебаний излучения.

## ***Раздел 8. регистрация электромагнитного излучения. Нелинейные оптические эффекты. Исследование свойств излучения***

### *Тема 8.1. Характеристики источников излучения*

Виды излучения. Методы регистрации излучения. Измерение параметров электромагнитного излучения.

## **6. Порядок проведения промежуточной аттестации**

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

### *Промежуточная аттестация: Зачет, 4 семестр.*

При организации и проведении промежуточной аттестации, исходя из перечня планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), по каждой компетенции или связанным несколькими компетенциям, в формировании которых участвует учебная дисциплина (модуль), кафедрой формируются фонд оценочных средств к зачету:

- примерный перечень вопросов для оценивания результатов обучения в виде ЗНАНИЙ. При этом, за каждым вопросом в скобках указывается компетенция, уровень сформированности которой будет оцениваться;
- примерный перечень простых практических контрольных заданий для оценивания результатов обучения в виде УМЕНИЙ;
- примерный перечень комплексных практических контрольных заданий для оценивания результатов обучения в виде ВЛАДЕНИЙ при этом, за каждым заданием в скобках указываются(ются) компетенции(я), уровень сформированности которой будет оцениваться.

## **7. Оценочные материалы текущего контроля**

## **8. Оценочные материалы промежуточной аттестации**

*4 семестр, Зачет*

*Контролируемые ИДК: ОПК-1.1 ПК-3.1 ОПК-1.2 ПК-3.2*

Вопросы/Задания:

1. Параметры оптического излучения
2. Способы и уравнения описания оптического излучения
3. Оптические свойства возбужденной среды
4. Энергетические состояния атомов и молекул
5. Населенность и время жизни энергетических уровней
6. Инверсная среда и её свойства
7. Взаимодействия излучения с возбужденной средой
8. Оптические переходы
9. Функции и назначение открытых оптических резонаторов
10. Классификация и устройство оптических резонаторов
11. Устойчивость и добротность резонаторов
12. Частотный спектр открытых оптических резонаторов
13. Параметры и характеристики лазерного излучения
14. Условия генерации лазерного излучения
15. Виды генерации и обеспечение их получения
16. Режим модуляции добротности
17. Свойства лазерного излучения
18. Физические основы свойств лазерного излучения
19. Преимущества лазера как источника излучения
20. Оптические переходы в возбужденной среде

21. Принципиальная схема лазера
22. Пространственные параметры и характеристики лазерного излучения
23. Энергетические параметры и характеристики лазерного излучения
24. Измерение энергетических параметров лазерного излучения
25. Измерение пространственных параметров лазерного излучения
26. Измерение частотных параметров лазерного излучения
27. Управление параметрами лазерного излучения
28. Модуляция лазерного излучения
29. Виды и способы модуляции лазерных параметров
30. Сканирование лазерного излучения

## **9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

#### *Основная литература*

1. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника: учебное пособие для вузов: учебное пособие для вузов / Г. Л. Киселев. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 316 с. - 978-5-507-47285-7. - Текст: электронный. // Издательство Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/353702.jpg> (дата обращения: 16.03.2025). - Режим доступа: по подписке

#### *Дополнительная литература*

1. Курс общей физики: . Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / . - 5-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 384 с. - 978-5-8114-1211-2. - Текст: электронный. // Издательство Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/210611.jpg> (дата обращения: 16.03.2025). - Режим доступа: по подписке

### **9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся**

#### *Профессиональные базы данных*

Не используются.

#### *Ресурсы «Интернет»*

1.  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0) - Wikipedia
2. <https://russianspacesystems.ru/> - Российские космические системы

3. <https://www.iprbookshop.ru/> - IPR SMART
4. <https://opticjourn.ru/ru> - Оптический журнал
5. <https://www.photonics.su/> - Фотоника
6. <https://pribor.ifmo.ru/> - Приборостроение

### **9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

*Перечень программного обеспечения*

*(обновление производится по мере появления новых версий программы)*

Не используется.

*Перечень информационно-справочных систем*

*(обновление выполняется еженедельно)*

Не используется.

### **9.4. Оборудование и технические средства обучения**

Учебная аудитория

LED-экран - 1 шт.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 1 шт.

## **10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)**

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется:

- Методическими рекомендациями по дисциплине;
- Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов МИИГАиК;

Основной методической особенностью освоения дисциплины "Основы фотоники и квантовой электроники" постоянное обновление сведений о разработках лазеров и их использовании в различных областях техники и технологий. В связи с этим, особое внимание следует уделить общим принципам построения систем с применением лазеров в качестве источников излучения или силовых установок, а конкретные примеры разработок могут дополнять каждый цикл лекций.

### ***Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами***

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.