

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение**

**Наименование образовательной программы: Компьютерная фотоника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Заочная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Квантовые и оптические системы**

**Москва  
2025**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Паршин В.А.                  |
|  | Идентификатор                                      | R683b30a4-ParshinVA-d4b11303 |

В.А. Паршин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец   | Скорнякова Н.М.                 |
|  | Идентификатор                                      | R984920bc-SkorniakovaNM-67f74bf |

Н.М.  
Скорнякова

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

|  |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец   | Скорнякова Н.М.                 |
|  | Идентификатор                                      | R984920bc-SkorniakovaNM-67f74bf |

Н.М.  
Скорнякова

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-3 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении

ИД-1 Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений

ИД-2 Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах (Тестирование)
2. Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера (Тестирование)
3. Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц (Тестирование)
4. Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы (Тестирование)
5. Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора (Тестирование)

## БРС дисциплины

### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера (Тестирование)
- КМ-2 Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах (Тестирование)
- КМ-3 Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы (Тестирование)
- КМ-4 Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора (Тестирование)
- КМ-5 Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины | Весы контрольных мероприятий, % |
|-------------------|---------------------------------|
|-------------------|---------------------------------|

|   | Индекс<br>КМ: | КМ-<br>1 | КМ-<br>2 | КМ-<br>3 | КМ-<br>4 | КМ-<br>5 |
|---|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | Срок КМ:      | 4        | 7        | 10       | 12       | 14       |
| Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера         |               |          |          |          |          |          |
| Главные термины оптики и квантовой электроники  | +             |          |          |          |          |          |
| Взаимодействие оптического излучения с веществом  | +             |          |          |          |          |          |
| Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах |               |          |          |          |          |          |
| Механизмы создания инверсии населённости  |               |          | +        |          |          |          |
| Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах  |               |          | +        |          |          |          |
| Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы  |               |          |          |          |          |          |
| Лазеры. Общий принцип работы  |               |          |          | +        |          |          |
| Оптические резонаторы   |               |          |          | +        |          |          |
| Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора  |               |          |          |          |          |          |
| Собственные типы волн двухзеркального резонатора  |               |          |          |          | +        |          |
| Гауссов пучок (ГП)  |               |          |          |          | +        |          |
| Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц  |               |          |          |          |          |          |
| Принцип работы матричного метода  |               |          |          |          |          | +        |
| Применение матричного метода для расчёта параметров гауссова пучка (ГП)   |               |          |          |          |          | +        |
|   | Вес КМ:       | 20       | 20       | 20       | 20       | 20       |

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Индекс компетенции | Индикатор  | Запланированные результаты обучения по дисциплине  | Контрольная точка  |
|--------------------|--|--|--|
| ОПК-3              | ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений | Знать:<br>Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники<br>Основные понятия квантовой и оптической электроники<br>Уметь:<br>Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения                                 | КМ-1 Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера (Тестирование)<br>КМ-2 Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах (Тестирование)<br>КМ-4 Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора (Тестирование) |
| ОПК-3              | ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов   | Знать:<br>Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения<br>Уметь:<br>Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по | КМ-3 Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы (Тестирование)<br>КМ-5 Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц (Тестирование)   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  | преобразованию лазерного<br>излучения оптической<br>системой |  |
|--|--|--|--|

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Основные термины оптики и квантовой электроники. Взаимодействие оптического излучения с веществом, закон Бугера

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В рамках проведения тестирования обучающемуся выдается 6 теоретических вопросов и 2 задачи. За каждый верный ответ на теоретический вопрос начисляется 1 балл. За верный ответ по задаче – 2 балла. Максимальный балл – 10. На прохождение тестирования 60 минут.

#### Краткое содержание задания:

- 1) При каком значении статистического веса  $g$  уровень считается невырожденным?
- 2) Скорость перехода при вынужденном излучении при переходе с уровня 2 на уровень 1 определяется:
- 3) Сколько мощности вынужденного излучения в единице объема вещества ( $\text{Вт/м}^3$ ) будет генерироваться за счет эффекта вынужденного излучения при известной  $\rho\nu$  проходящего через среду индуцирующего излучения?
- 4) Какие параметры ЭМ излучения характеризуют его энергетику?
- 5) Чему равняется логарифмический коэффициент усиления, если коэффициент усиления равен 1000?
- 6) Какие параметры ЭМ излучения относятся к **временным**?
- 7) Плоская монохроматическая электромагнитная волна распространяется в однородной и изотропной немагнитной среде с диэлектрической проницаемостью равной 2. Интенсивность излучения равна  $5 \text{ мВт/м}^2$ . Определите: амплитуды напряженности электрического и магнитного поля.
- 8) Излучение с интенсивностью  $I = 10 \text{ Вт/м}^2$  проходит через среду. На выходе из среды величина интенсивности получилась равной  $30 \text{ Вт/м}^2$ . Определите толщину среды, если её показатель усиления равен  $2 \text{ м}^{-1}$ .

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине          | Вопросы/задания для проверки   |
|--|--|
| Знать: Основные понятия квантовой и оптической электроники | 1. Чем определяется скорость перехода при вынужденном излучении при переходе с уровня 2 на уровень 1? (КМ-1)<br>2. Сколько мощности вынужденного излучения в единице объема вещества ( $\text{Вт/м}^3$ ) будет генерироваться за счет эффекта вынужденного излучения при известной $\rho\nu$ проходящего через среду индуцирующего излучения? (КМ-1) |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки  |
|---|---|
|   | 3.Излучение с интенсивностью $I = 10 \text{ Вт/м}^2$ проходит через среду. На выходе из среды величина интенсивности получилась равной $30 \text{ Вт/м}^2$ . Определите толщину среды, если её показатель усиления равен $2 \text{ м}^{-1}$ . |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 9-10 баллов за тест.*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 7-8 баллов за тест.*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 5-6 баллов за тест*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано менее 5 баллов.*

**КМ-2. Механизмы создания инверсии населённости и спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В рамках проведение тестирования обучающемуся выдается 6 теоретических вопросов и 2 задачи. За каждый верный ответ на теоретический вопрос начисляется 1 балл. За верный ответ по задаче – 2 балла. Максимальный балл – 10. На прохождение тестирования 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

- 1) Что такое инверсия населенности?
- 2) В системе с каким количеством энергетических уровней невозможно поддерживать стационарную инверсию населенности?
- 3) Какую роль из перечисленных играют в активной среде метастабильные уровни?
- 4) Что такое резонансный переход между уровнями?
- 5) Какова форма линии спектра при резонансных переходах в идеальном случае?
- 6) Что определяет ширину спектральной линии при резонансных переходах внутри атома?
- 7) Во сколько раз населённость верхнего уровня ниже населённости основного уровня в двухуровневой невырожденной системе при температуре 400 К, если отношение коэффициентов Эйнштейна спонтанного и вынужденного перехода равно  $1,77 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \cdot \text{с/м}^3$ ?

8) Источник излучения испускает свет с резонансной длиной волны  $\lambda_0 = 600$  нм и длиной когерентности 3,6 мм. Найдите степень монохроматичности излучения.

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                 | Вопросы/задания для проверки   |
|---|--|
| Знать: Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники | 1. Что такое инверсия населенности? (КМ-2)<br>2. В системе с каким количеством энергетических уровней невозможно поддерживать стационарную инверсию населенности? (КМ-2)<br>3. Какую роль из перечисленных играют в активной среде метастабильные уровни? (КМ-2) |

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Набрано 9-10 баллов за тест.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Набрано 7-8 баллов за тест.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Набрано 5-6 баллов за тест.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Набрано менее 5 баллов за тест.

**КМ-3. Устройство и принцип работы лазеров. Оптические резонаторы**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

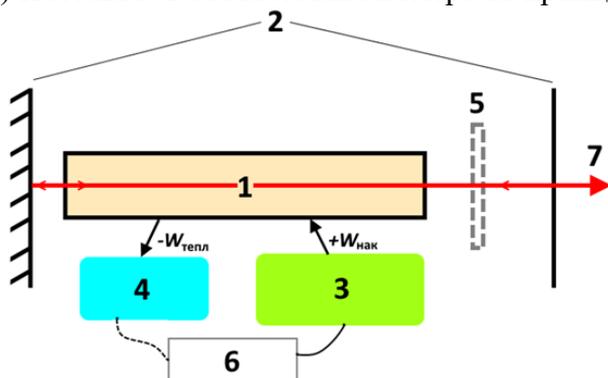
**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В рамках проведения тестирования обучающемуся выдается 8 теоретических вопросов и 2 задачи. За каждый верный ответ на теоретический вопрос начисляется 1 балл. За верный ответ по задаче – 2 балла. Максимальный балл – 10. На прохождение тестирования 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

- 1) Укажите назначение основных элементов лазера.
- 2) Поставьте в соответствие номера на принципиальной схеме лазера его элементам.



- 3) Выберите утверждения, которые справедливы именно для устойчивого двухзеркального резонатора.
- 4) Укажите способ(ы) накачки для газового лазера.
- 5) Укажите способ(ы) накачки для твердотельного лазера (кроме полупроводникового).
- 6) Укажите способ(ы) накачки для полупроводникового лазера.
- 8) Минимальное количество зеркал в оптическом резонаторе.
- 9) При каком значении насыщенного коэффициента усиления активной среды будет поддерживаться стационарная генерация в лазере с коэффициентами пропускания зеркал резонатора 0,95 и 0,99? Диссипативные потери отсутствуют.
- 10) Чему равен коэффициент пропускания выходного зеркала лазера, если другое зеркало глухое, а насыщенный коэффициент усиления равен 1,2? Диссипативные потери в резонаторе составляют 2%.

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине   | Вопросы/задания для проверки   |
|---|--|
| Знать: Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения | <p>1. Укажите назначение основных элементов лазера. (КМ-3)</p> <p>2. При каком значении насыщенного коэффициента усиления активной среды будет поддерживаться стационарная генерация в лазере с коэффициентами пропускания зеркал резонатора 0,95 и 0,99? Диссипативные потери отсутствуют. (КМ-3)</p> <p>3. Чему равен коэффициент пропускания выходного зеркала лазера, если другое зеркало глухое, а насыщенный коэффициент усиления равен 1,2? Диссипативные потери в резонаторе составляют 2%. (КМ-3)</p> |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 11-12 баллов за тест.*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 9-10 баллов за тест.*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 6-8 баллов за тест.*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано менее 6 баллов за тест.*

## КМ-4. Формирование характеристик излучения внутри оптического резонатора

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В рамках проведения тестирования обучающемуся выдается 6 теоретических вопросов и 2 задачи. За каждый верный ответ на теоретический вопрос начисляется 1 балл. За верный ответ по задаче – 2 балла. Максимальный балл – 10. На прохождение тестирования 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

- 1) От чего модовый состав лазерного излучения зависит?
- 2) От чего зависит спектр излучения лазера?
- 3) Какой аббревиатурой обозначаются поперечные моды?
- 4) Чем описывается функция поля внутри устойчивого резонатора со сферическими зеркалами?
- 5) Что происходит при увеличении числа продольных мод в лазерном излучении?
- 6) Что такое перетяжка гауссова пучка (ГП)?
- 7) Найти радиус пучка лазерного излучения на расстоянии 100 м от перетяжки, если известно, что радиус перетяжки 0,4 мм, длина волны 660 нм.
- 8) В двухзеркальном оптическом резонаторе с длиной 2 м радиусы кривизны зеркал  $R_1$  и  $R_2$  равняются 4 м и 6 м соответственно. Найдите координату перетяжки гауссова пучка, сформированного в таком резонаторе, если координата 1-го зеркала  $Z_1 = 0$ .

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                            | Вопросы/задания для проверки   |
|--|--|
| Уметь: Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения | 1. Найти радиус пучка лазерного излучения на расстоянии 100 м от перетяжки, если известно, что радиус перетяжки 0,4 мм, длина волны 660 нм. (КМ-4)<br>2. В двухзеркальном оптическом резонаторе с длиной 2 м радиусы кривизны зеркал $R_1$ и $R_2$ равняются 4 м и 6 м соответственно. Найдите координату перетяжки гауссова пучка, сформированного в таком резонаторе, если координата 1-го зеркала $Z_1 = 0$ . (КМ-4)<br>3. От чего модовый состав лазерного излучения зависит? (КМ-4) |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 9-10 баллов за тест.*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

Описание характеристики выполнения знания: Набрано 7-8 баллов за тест.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Набрано 5-6 баллов за тест.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Набрано менее 5 баллов за тест.

### КМ-5. Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц

**Формы реализации:** Компьютерное задание

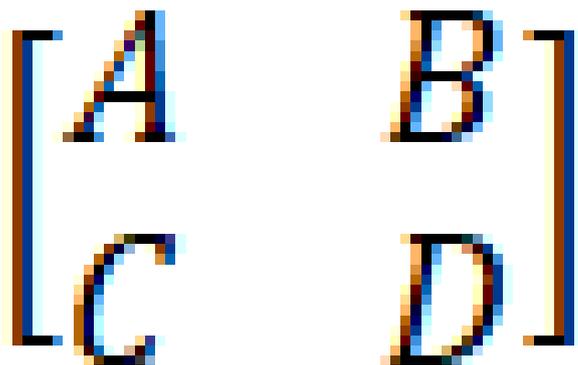
**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В рамках проведения тестирования обучающемуся выдается 1 теоретический вопрос и 2 задачи. За каждый верный ответ на теоретический вопрос начисляется 1 балл. За верный ответ по задаче – 2 балла. Максимальный балл – 5. На прохождение тестирования 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

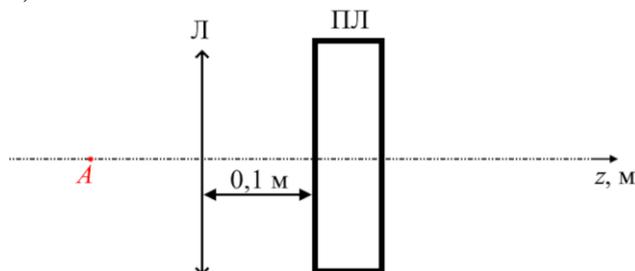
1) Какую размерность имеет элемент  $A$  в матрице оптической системы?



2) Дана оптическая система, изображенная на рисунке. Найдите **координату** изображения точки "A" ( $ZA'$ ), если координата точки "A":  $ZA = 0$  м. Вся система находится в воздухе. Параметры оптической системы:

- координата тонкой **собирающей линзы**  $ZЛ = 0,2$  м, фокусное расстояние  $f' = 20$  мм.

- толщина плоскопараллельной пластинки 30 мм, показатель преломления пластинки 1,54.



3) На расстоянии 20 см от тонкой рассеивающей линзы с задним фокусным расстоянием -25 см располагается перетяжка исходного гауссова пучка. Найти, на каком

расстоянии от исходной перетяжки располагается её изображение, если рэлеевская длина составляет 1,5 м. Расстояние выразить в целых сантиметрах.

### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине   | Вопросы/задания для проверки  |
|---|---|
| <p>Уметь: Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по преобразованию лазерного излучения оптической системой</p> | <p>1.Какую размерность имеет элемент <math>A</math> в матрице оптической системы?<br/>                 2.Дана оптическая система, изображенная на рисунке. Найдите <b>координату</b> изображения точки "A" (<math>ZA'</math>), если координата точки "A": <math>ZA = 0</math> м. Вся система находится в воздухе. Параметры оптической системы:<br/>                 - координата тонкой <b>собирающей линзы</b> <math>ZЛ = 0,2</math> м, фокусное расстояние <math>f' = 20</math> мм.<br/>                 - толщина плоскопараллельной пластинки 30 мм, показатель преломления пластинки 1,54.<br/>                 3.На расстоянии 20 см от тонкой рассеивающей линзы с задним фокусным расстоянием -25 см располагается перетяжка исходного гауссова пучка. Найти, на каком расстоянии от исходной перетяжки располагается её изображение, если рэлеевская длина составляет 1,5 м. Расстояние выразить в целых сантиметрах.</p> |

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 5 баллов.*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 4 балла.*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 2-3 балла.*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано менее 2 баллов.*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

#### **Электромагнитные волны (ЭМВ) и их свойства:**

1. Основные параметры и характеристики ЭМВ;
2. Волновой (фазовый) фронт волны – определение;
3. Уравнения Максвелла и уравнение Гельмгольца с пояснениями всех входящих в формулы величин;
4. Уравнения плоской и сферической волны с пояснениями всех входящих в формулы величин.

#### **Спектральные характеристики излучения:**

1. Понятие спектра сигнала, расчет спектра сигнала через временную зависимость;
2. Монохроматичность, когерентность излучения;

#### **Задача:**

Определите радиус перетяжки гауссова пучка, если радиус кривизны волнового фронта на расстоянии 15 м от перетяжки вдвое больше, чем на расстоянии 6 м от перетяжки.

Длина волны лазерного излучения равна  $\lambda = 1064$  нм.

### Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме. Ответ на билет пишется на бумаге, фотографируется и прикрепляется в файл. При этом на каждой сфотографированной странице должны быть прописаны: ФИО экзаменуемого, номер билета, дата, учебная группа.

В каждом билете присутствует 6 теоретических вопросов и 1 задача. За каждый верный ответ на теоретический вопрос можно получить 0,5 или 1 балл, в зависимости от наличия/отсутствия недочетов. За решенную задачу можно получить 1 или 2 балла в зависимости от наличия/отсутствия недочетов.

- При ответе на теоретические вопросы обязательно наличие пояснений ко всем формулам, рисункам и схемам, приводимым на листе с ответом. При отсутствии расшифровки обозначений, используемых в формулах, или обозначений элементов рисунков, графиков и схем, ответ на вопрос засчитан не будет.
- При решении задачи необходимо записать «Дано», отобразить ход решения, привести ответ в формульном и численном виде. Если указано в задании, что требуется рисунок или схема, то для получения максимального балла необходимо их привести.

Время на решение билета 120 минут.

## ***1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>опк-3</sub> Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений

### **Вопросы, задания**

- 1.Лазеры: устройство, основные элементы и их назначение. Принцип действия лазеров. Полный показатель усиления. Классификация и применение лазеров. Особенности лазерного излучения.
- 2.Резонаторы и их классификация по различным критериям. Основные параметры резонаторов и правила знаков. Устойчивость и добротность резонатора. Потери.
- 3.Виды двухзеркальных резонаторов. Способы вывода излучения из резонатора. Концентрический и конфокальный резонатор. Метод конфокального резонатора.
- 4.Формирование лазерного излучения в резонаторе, моды. Продольные и поперечные моды. Полиномы Эрмита-Гаусса. Селекция мод.
- 5.Взаимодействие излучения с веществом. Коэффициенты Эйнштейна. Спонтанное и вынужденное излучение. Спектральные характеристики перехода.
- 6.Распределение Больцмана. Стабильность уровней. Накачка среды. Механизмы создания инверсной населенности и примеры.
- 7.Расчёт параметров гауссова пучка в устойчивом двухзеркальном резонаторе. Конфокальный параметр. Формирование поляризованного излучения в резонаторе.
- 8.Виды систем накачки. Условие начала и стационарного режима генерации. Кривые начала генерации. Механизм насыщения усиления.
- 9.Прохождение излучения через изотропную среду. Поглощение и усиление излучения. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Логарифмический коэффициент усиления. Эффективное сечение перехода и его физический смысл.
- 10.Электромагнитные волны и описывающие их величины. Амплитуда, фаза, волновой фронт волны. Уравнения Максвелла и их решения: уравнение плоской и сферической волны.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Источником когерентного излучения является...

Ответы:

1.Светодиод 2.Лазер 3.Солнце 4.Лампа накаливания

Верный ответ: 2. Лазер

2.Спектр излучения – это...

Ответы:

1.Набор всех поляризаций, имеющих в составе данного излучения 2.Чередование максимумов и минимумов интерференционной картины при наложении электромагнитных волн 3.Совокупность всех характеристик данного излучения 4.Распределение энергетических параметров данного излучения по имеющимся в его составе частотам или длинам волн

Верный ответ: 4.Распределение энергетических параметров данного излучения по имеющимся в его составе частотам или длинам волн

3.Излучательными квантовыми переходами называются

Ответы:

1. Переходы между атомарными энергетическими уровнями 2. Переходы, сопровождающиеся излучением или поглощением фотона 3. Переходы между молекулярными энергетическими уровнями 4. Всё вышеперечисленное

Верный ответ: 2. Переходы, сопровождающиеся излучением или поглощением фотона

4. Резонатор, в котором излучение распространяется вблизи оптической оси и не выходит за апертуру зеркал является

Ответы:

1. Разъюстированным 2. Неустойчивым 3. Устойчивым 4. Конфокальным

Верный ответ: 3. Устойчивым

5. В лазере за генерацию и усиление излучения отвечает

Ответы:

1. Система накачки 2. Резонатор 3. Активная среда 4. Оптический модулятор добротности

Верный ответ: 3. Активная среда

6. Область с наиболее узкой шириной гауссова пучка в его продольном сечении называется

Ответы:

1. Перетяжкой 2. Каустикой 3. Ближней зоной 4. Пятном генерации

Верный ответ: 1. Перетяжкой

7. Различие частот излучаемого и принимаемого сигнала при движении источника относительно приёмника связано с

Ответы:

1. Дисперсией 2. Фотоэффектом 3. Чувствительностью приёмника 4. Эффектом Доплера

Верный ответ: 4. Эффектом Доплера

8. Распределение концентрации частиц по энергиям в термодинамически равновесной системе описывается

Ответы:

1) Распределением Максвелла 2) Распределением Пуассона 3) Распределением Больцмана 4) Нормальным распределением

Верный ответ: 3) Распределением Больцмана

9. Спектр собственных частот резонатора называется

Ответы:

1) продольными модами 2) поперечными модами 3) добротностью резонатора 4) параметром конфигурации резонатора

Верный ответ: 1) продольными модами

10. В системе с каким количеством энергетических уровней невозможно поддерживать стационарную инверсию населенности?

Ответы:

а) 2; б) 3; в) 4; г) 5

Верный ответ: а) 2

11. Какую роль из перечисленных играют в активной среде метастабильные уровни?

Ответы:

1) Делают возможным создание инверсии населенности в среде

2) Обеспечивают поддержание термодинамического равновесия

3) Переход с них сопровождается безызлучательной релаксацией

4) Обеспечивают быстрый спонтанный переход на основное состояние

Верный ответ: 1) Делают возможным создание инверсии населенности в среде

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-3</sub> Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов

### Вопросы, задания

1. С помощью толстой стеклянной линзы ( $n = 1,5$ ), радиусы кривизны преломляющих поверхностей которой составляют  $R_1 = -5$  м и  $R_2 = -3$  м, а толщина  $d = 1$  см, построено изображение предмета. Определите расстояние от последней преломляющей поверхности линзы до осевой точки изображения, если известно, что расстояние от

- осевой точки предмета до первой преломляющей поверхности  $S = 25$  см. Изобразите оптическую систему и укажите на ней положения предмета и его изображения.
2. Определите радиус перетяжки гауссова пучка, если радиус кривизны волнового фронта на расстоянии 15 м от перетяжки вдвое больше, чем на расстоянии 6 м от перетяжки. Длина волны лазерного излучения равна  $\lambda = 1064$  нм.
3. Длина симметричного резонатора аргонового лазера ( $\lambda = 514,5$  нм) равна 1 м. Угол расходимости основной моды резонатора  $1'$ . Определите радиус кривизны зеркал резонатора. Изобразите резонатор с указанием положения центров кривизны его зеркал.
4. Определите предельно допустимые полезные потери энергии в симметричном конфокальном резонаторе He-Ne лазера ( $\lambda = 632,8$  нм), если диссипативные потери составляют 10%, а ширина линии спектра собственных частот 10 МГц. Радиус перетяжки гауссова пучка 0,25 мм. Считайте, что длина активной среды равна длине резонатора.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Математическая модель основной моды излучения, сформированного в устойчивом симметричном двухзеркальном конфокальном резонаторе называется

Ответы:

1. Гауссовым пучком 2. Бесселевым пучком 3. Бездифракционным пучком 4. Не имеет названия

Верный ответ: 1. Гауссовым пучком

2. При уменьшении разности энергий между уровнями частота фотона при спонтанном излучении...

Ответы:

1. Не изменяется 2. Уменьшается 3. Увеличивается 4. Может как увеличиться, так и уменьшиться

Верный ответ: 2. Уменьшается

3. Расходимость гауссова пучка определяется в

Ответы:

1) ближней зоне 2) дальней зоне 3) перетяжке 4) на расстоянии рэлеевской длины от перетяжки

Верный ответ: 2) дальней зоне

4. Какова форма линии спектра при резонансных переходах в идеальном случае?

Ответы:

- 1) Лоренцева
- 2) Гауссова
- 3) Прямоугольная
- 4) Параболическая

Верный ответ: 1) Лоренцева

### II. Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 87*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 7,0-8,0 баллов.*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 68*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 5,5-6,5 баллов.*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано 4,0-5,0 баллов.*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Набрано ниже 4,0 баллов.*

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.