



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Лазерная физика»  
**Направление подготовки 03.03.02 Физика**  
Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИЯУ МИФИ и ОИЯИ г. Дубна)  
**Форма подготовки очная**

Владивосток  
2023

## Содержание

<b>I. Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины «Лазерная физика».....</b>	<b>3</b>
<b>II. Текущая аттестация по дисциплине «Лазерная физика».....</b>	<b>5</b>
<b>III. Промежуточная аттестация по дисциплине «Лазерная физика» .....</b>	<b>9</b>

**I. Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины «Лазерная физика»**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства *	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1.	<p>Раздел 1. Принципы работы лазеров</p> <p>Тема 1. Коэффициенты эйнштейна</p> <p>Тема 2. Ширина линии</p> <p>Тема 3. Усиление</p> <p>Тема 4. Лазеры усилители</p> <p>Тема 5. Генерация излучения</p> <p>Тема 6. Оптические резонаторы</p>	<p>ПК-2.1</p> <p>Применяет методы научных экспериментальных и теоретических физических исследований, современную приборную базу и информационные технологии</p>	<p><b>Знает</b> методики построения физических и математических моделей процессов и явлений в фундаментальной и прикладной физике.</p> <p><b>Умеет</b> строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и нанoeлектроники.</p> <p><b>Владеет</b> навыками построения физических и математических моделей процессов и явлений в фундаментальной и прикладной физике.</p>	Сдача коллоквиума №1 (УО-2)	Вопросы к зачету №№ 1 – 10.

2.	<p>Раздел 2. Типы лазеров и их свойства.</p> <p>Тема 1. Газовые лазеры.</p> <p>Тема 2. Ионные лазеры, лазеры на парах металлов</p> <p>Тема 3. Твердотельные лазеры</p> <p>Тема 4. Полупроводниковые лазеры</p> <p>Тема 5. Co2 лазеры</p> <p>Тема 6. Лазеры сверхкоротких импульсов</p>	<p>ПК-3.3</p> <p>Работает на специальном оборудовании , применяемом в профессиональной сфере, проводит техническую верификацию и обслуживание оборудования и методик диагностики</p>	<p><b>Знает</b> особенности работы лазерного оборудования;</p> <p><b>Умеет</b> получать достоверные экспериментальные данные на лазерном оборудовании;</p> <p><b>Владеет</b> навыками обработки экспериментальных данных, полученных на лазерном оборудовании.</p>	Сдача коллоквиума №2 (УО-2)	Вопросы к зачету №№11–26.
	Экзамен				Рейтинговая оценка

## **II. Текущая аттестация по дисциплине «Лазерная физика»**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Лазерная физика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Лазерная физика» проводится в форме контрольных мероприятий (Сдачи двух коллоквиумов, выполнения на практических занятиях) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

По каждому объекту дается характеристика процедур оценивания в привязке к используемым оценочным средствам.

### **Оценочные средства для текущего контроля**

#### **1. Вопросы для собеседования (коллоквиумов):**

#### **Вопросы коллоквиумов**

Раздел 1. Принципы работы лазеров

Тема 1. Коэффициенты Эйнштейна

Тема 2. Ширина линии

Тема 3. Усиление

Тема 4. Лазеры усилители

Тема 5. Генерация излучения

Тема 6. Оптические резонаторы

Раздел 2. Типы лазеров и их свойства.

Тема 1. Газовые лазеры.

Тема 2. Ионные лазеры, лазеры на парах металлов

Тема 3. Твердотельные лазеры

Тема 4. Полупроводниковые лазеры

Тема 5. Co<sub>2</sub> лазеры

Тема 6. Лазеры сверхкоротких импульсов

#### **План коллоквиума № 1**

1. Определение КЭ. Индуцированные и спонтанные переходы, коэффициенты Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения.

2. Свойства лазерных пучков. Принцип работы лазера.

3. Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Однородное уширение.

4. Неоднородное уширение. Гауссова форма линии при доплеровском уширении.

5. Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения.

6. Лазеры-усилители. Непрерывное и импульсное излучение.

7. Генерация излучения. Добротность резонатора. Условие энергетического самовозбуждения резонатора Фабри-Перо.

8. Баланс фаз, выходная мощность лазерных генераторов.

9. Резонаторы. Моды резонатора. Разности частот между продольными и поперечными модами. Распределение интенсивности нулевой моды в плоско-параллельном резонаторе.

10. Виды резонаторов, методы селекции мод. Импульсная генерация: режим свободной генерации, режим модуляции добротности.
11. Газовые лазеры, особенности и следствия газообразной активной среды. Способы накачки.
12. Гелий-неоновый лазер. Упрощенная схема уровней, длины волн генерации, ширина линии, выходная мощность.
13. Аргонный лазер. Схема накачки, упрощенная схема уровней, длина волны генерации, выходная мощность. Особенности конструкции лазера. Области применения лазера.

## **План коллоквиума № 2**

1. Гелий-кадмиевый лазер. Схема накачки (пеннинговская ионизация), упрощенная схема уровней, длина волны генерации, выходная мощность. Особенности конструкции лазера, области применения.
2. КПД газоразрядных лазеров. Непрерывный и импульсный режимы.
3. Лазер на парах меди. Упрощенная схема уровней, способ накачки, длины волн излучения, длительность импульса, частота повторения импульсов. Выходная мощность, КПД.
4. Рубиновый лазер. Упрощенная схема уровней, длины волн излучения. Ширина спектральных линий.
5. Устройство и принцип действия рубинового лазера. Режим свободной генерации, модуляция добротности, непрерывный режим. Выходная мощность для различных режимов.
6. Твердотельные лазеры с активными веществами на основе редкоземельных элементов. Основные достоинства. Nd:YAG лазер. Упрощенная схема уровней, способ накачки, длины волн излучения, длительность импульса (модуляция добротности). Области применения.
7. Полупроводниковые лазеры. Основные достоинства и недостатки. Принцип работы лазера. GaAs лазер с широким p-n гомопереходом.
8. Лазеры на основе двойного гетероперехода. Резонатор полупроводникового лазера. РОС лазеры.
9. Лазеры с распределенными брэгговскими отражателями. VCSEL лазер.
10. Волоконные лазеры.
11. Генерация ультракоротких импульсов.
12. Усиление ультракоротких импульсов.
13. Генерация второй гармоники.

### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Коллоквиум оценивается по 10-ти балльной шкале. Оценка (весовой коэффициент) за каждый коллоквиум вносит 25 % в итоговый балл рейтинга при получении балла 10.

#### **Отметка "10"**

1. Дан полный и правильный ответ на основе изученных теорий.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### **Отметка "9"**

1. «1, 2, 3, 4» – аналогично отметке "10".
2. Исправления в ответе по требованию учителя, "шероховатость" в изложении материала.

#### **Отметка "8"**

1. «1, 2» – аналогично отметке "8".

2. Допущены 2-3 незначительные ошибки, исправленные по требованию учителя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

**Отметка "7"**

1. «1, 2» – аналогично отметке "8".

2. Студент ответил на основной вопрос, но не смог ответить на часть дополнительных вопросов, заданных преподавателем по теме вопроса.

**Отметка "6"**

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки (например, неумение применять законы и теории к объяснению новых фактов).

2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

**Отметка "0"**

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

**2. Комплект типовых заданий для контрольной работы**

**Билет №1**

1. Толщина оптического волновода полупроводникового полоскового лазера на гетероструктурах составляет 3 мкм. Длина волны излучения лазера 1,3 мкм. Чему равна полная дифракционная угловая расходимость излучения лазера  $\alpha$  (градусов) в плоскости, перпендикулярной плоскости волновода, если волновод поддерживает в этой плоскости существование простейшей поперечной моды?

2. Световой пучок гелий-неонового лазера диаметром 1 мм, который соответствует гауссовому пучку нулевого порядка, имеет дифракционную угловую расходимость. Длина волны излучения 0,63 мкм, мощность лазера 10 мВт. Чему равна сила света  $I$  такого лазера? Силой света называют пространственную плотность светового потока  $\Phi$ , излучаемого внутри телесного угла  $\Omega$ , при равномерном распределении светового потока по углам  $I = \Phi/\Omega$ .

**Билет №2**

1. Чему равно отношение силы света непрерывного лазера с дифракционной угловой расходимостью луча  $10^{-3}$  радиан и точечного теплового источника света (электрической лампочки) одинаковой мощности?

2. Толщина оптического волновода полупроводникового полоскового лазера на гетероструктурах составляет 3 мкм. Длина волны излучения лазера 0,84 мкм. Чему равна полная дифракционная угловая расходимость излучения лазера  $\alpha$  (градусов) в плоскости, перпендикулярной плоскости полоскового волновода, если волновод поддерживает в этой плоскости существование простейшей поперечной моды?

**Билет №3**

1. Сечение поглощения ионов хрома в рубине равно  $2,3 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$ . Оцените, чему равен максимально возможный коэффициент усиления активного стержня длиной 8 см с концентрацией ионов хрома  $10^{19} \text{ см}^{-3}$ ?

2. В каком максимальном спектральном диапазоне возможна перестройка частоты излучения гелий-неонового лазера, работающего в спектральной области 0,63 мкм?

#### **Билет №4**

1. Расстояние между зеркалами плоского резонатора гелий-неонового лазера равно 30 см. Чему равен спектральный интервал между соседними продольными модами этого резонатора?

2. Ширина спектрального контура усиления гелий-неонового лазера, работающего в спектральной области 0,63 мкм равна 1,5 ГГц. Какая должна быть длина резонатора, чтобы лазер работал на единственной продольной моде плоского резонатора при любом уровне накачки?

#### **Билет №5**

1. Резонатор рубинового лазера с длиной активной среды 8 см образован двумя плоскими зеркалами с коэффициентами отражения 1,0 и 0,5. Чему равно минимальное значение коэффициента усиления активной среды для преодоления порога генерации при постоянной накачке, если пренебрегать вредными потерями резонатора?

2. Оцените максимально возможную энергию моноимпульсной генерации лазера на кристалле граната, активированного неодимом объемом  $1 \text{ см}^3$ , в случае, когда достижимая плотность инверсной населенности составляет  $10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Вредные потери лазерного резонатора считать малыми.

#### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Контрольная работа оценивается по 5-ти балльной шкале. Весовой коэффициент составляет 10% в общем балле рейтинга.

##### **Отметка "Отлично"**

1. В решении и объяснении нет ошибок.
2. Ход решения рациональный.
3. Если необходимо, решение произведено несколькими способами.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

##### **Отметка "Хорошо"**

1. Существенных ошибок нет.
2. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение, или использование 1 способа при заданных нескольких.

##### **Отметка "Удовлетворительно"**

1. Допущено не более одной существенной ошибки, записи неполные, неточности.
2. Решение выполнено с ошибками в математических расчетах.

##### **Отметка "Неудовлетворительно"**

- 1.. Допущены существенные ошибки.
2. Решение и объяснение построены не верно.

#### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**



Оценка (весовой коэффициент): задание вносит 10 % в итоговый балл рейтинга при получении балла 10. Оценивается по 10-балльной шкале.

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
<b>10-9 баллов</b> <b>«отлично»</b>	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленной задачи, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность творчески применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.
<b>8 баллов</b> <b>«хорошо»</b>	Аналогично отметке "Отлично". Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.
<b>7-6 баллов</b> <b>«удовлетворительно»</b>	Разработанное задание, в основном, выполнено и изложено полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки (например, неумение применять законы и теории к объяснению новых фактов). Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.
<b>«неудовлетворительно»</b>	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.

### III. Промежуточная аттестация по дисциплине «Лазерная физика»

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Методика преподавания химии в вузе» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Выставляется по результатам рейтингового контроля:

Баллы (рейтинговая оценка) / оценка	Уровни достижения результатов обучения		Требования к сформированным компетенциям
	Текущая и промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация	
100-86	Повышенный	«зачтено»	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез методической информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
85-76	Базовый	«зачтено»	В большинстве случаев способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез

			методической информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
75-61	Пороговый	«зачтено»	Допускает ошибки в определении достоверности источников информации, способен правильно решать только типичные, наиболее часто встречающиеся проблемы в конкретной области лазерной физики. (Не способен выбирать рациональный метод решения проблемы (задачи)).
60-0	Уровень не достигнут	«не зачтено»	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания или не выполняет их вообще.

Вопросы к экзамену:

1. Определение КЭ. Индуцированные и спонтанные переходы, коэффициенты Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения.
2. Свойства лазерных пучков. Принцип работы лазера.
3. Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Однородное уширение.
4. Неоднородное уширение. Гауссова форма линии при доплеровском уширении.
5. Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения.
6. Лазеры-усилители. Непрерывное и импульсное излучение.
7. Генерация излучения. Добротность резонатора. Условие энергетического самовозбуждения резонатора Фабри-Перо.
8. Баланс фаз, выходная мощность лазерных генераторов.
9. Резонаторы. Моды резонатора. Разности частот между продольными и поперечными модами. Распределение интенсивности нулевой моды в плоско-параллельном резонаторе.
10. Виды резонаторов, методы селекции мод. Импульсная генерация: режим свободной генерации, режим модуляции добротности.
11. Газовые лазеры, особенности и следствия газообразной активной среды. Способы накачки.
12. Гелий-неоновый лазер. Упрощенная схема уровней, длины волн генерации, ширина линии, выходная мощность.
13. Аргоновый лазер. Схема накачки, упрощенная схема уровней, длина волны генерации, выходная мощность. Особенности конструкции лазера. Области применения лазера.
14. Гелий-кадмиевый лазер. Схема накачки (пеннинговская ионизация), упрощенная схема уровней, длина волны генерации, выходная мощность. Особенности конструкции лазера, области применения.
15. КПД газоразрядных лазеров. Непрерывный и импульсный режимы.

16. Лазер на парах меди. Упрощенная схема уровней, способ накачки, длины волн излучения, длительность импульса, частота повторения импульсов. Выходная мощность, КПД.
17. Рубиновый лазер. Упрощенная схема уровней, длины волн излучения. Ширина спектральных линий.
18. Устройство и принцип действия рубинового лазера. Режим свободной генерации, модуляция добротности, непрерывный режим. Выходная мощность для различных режимов.
19. Твердотельные лазеры с активными веществами на основе редкоземельных элементов. Основные достоинства. Nd:YAG лазер. Упрощенная схема уровней, способ накачки, длины волн излучения, длительность импульса (модуляция добротности). Области применения.
20. Полупроводниковые лазеры. Основные достоинства и недостатки. Принцип работы лазера. GaAs лазер с широким p-n гомопереходом.
21. Лазеры на основе двойного гетероперехода. Резонатор полупроводникового лазера. РОС лазеры.
22. Лазеры с распределенными брэгговскими отражателями. VCSEL лазер.
23. Волоконные лазеры.
24. Генерация ультракоротких импульсов.
25. Усиление ультракоротких импульсов.
26. Генерация второй гармоники.