



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 «Нелинейная оптика и оптоэлектроника»  
**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 «Нелинейная оптика и оптоэлектроника» ....</b>	<b>3</b>
<b>II. Текущая аттестация по дисциплине «Нелинейная оптика и оптоэлектроника» .....</b>	<b>6</b>
<b>III. Промежуточная аттестация по дисциплине «Нелинейная оптика и оптоэлектроника» .....</b>	<b>10</b>

**I. Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины «Нелинейная оптика и оптоэлектроника»**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства *	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1.	<p>Раздел I. Линейные и нелинейные явления в оптике.</p> <p>Тема 1. Линейные и нелинейные явления в оптике.</p> <p>Тема 2. Генерация второй гармоники</p> <p>Тема 3. Другие нелинейные эффекты второго порядка</p> <p>Тема 4. Параметрическая генерация света</p> <p>Тема 5. Корреляция параметрических волн</p> <p>Тема 6. Самофокусировка</p> <p>Тема 7. Самомодуляция световых импульсов</p> <p>Тема 8. Спонтанное рассеяние света</p> <p>Тема 9. Вынужденное рассеяние</p> <p>Тема 10.</p>	<p>ПК-1.2</p> <p>Выбирает наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике</p>	<p><b>Знает</b> основные методики экспериментального исследования параметров и характеристик устройств нелинейной оптики.</p> <p><b>Умеет</b> аргументированно выбирать и реализовывать на практике основные методики экспериментального исследования параметров и характеристик устройств нелинейной оптики.</p> <p><b>Владеет</b> навыками экспериментального исследования параметров и характеристик устройств нелинейной оптики.</p>	<p>Сдача коллоквиума №1 (УО-2)</p>	<p>Вопросы к зачету №№ 1 – 10.</p>

	<p>Четырехволновое смещение</p> <p>Тема 11. Обращение волнового фронта</p>				
--	--	--	--	--	--

2.	<p>Раздел П. Нелинейные явления высших порядков.</p> <p>Тема 12. Генерация высших гармоник.</p> <p>Тема 13. Многофотонное поглощение и ионизация</p> <p>Тема 14. Двухуровневый атом в сильном поле.</p> <p>Тема 15. Нелинейные эффекты в волоконных световодах</p> <p>Тема 16. Другие нелинейно-оптические явления</p> <p>Тема 19. Фоторефрактивный эффект</p> <p>Тема 20. Нелинейное взаимодействие волн в фоторефрактивных кристаллах</p>	<p>ПК-1.3. Применяет современные научные методы на уровне, необходимом для постановки и решения задач, основы компьютерного моделирования</p>	<p><b>Знает</b> особенности работы лазерного оборудования для решения задач нелинейной оптики;</p> <p><b>Умеет</b> получать достоверные экспериментальные данные на лазерном оборудовании для решения задач нелинейной оптики;</p> <p><b>Владеет</b> навыками обработки экспериментальных данных, полученных на лазерном оборудовании для решения задач нелинейной оптики.</p>	Сдача коллоквиума №2 (УО-2)	Вопросы к зачету №№11–26.
	Экзамен				Рейтинговая оценка

## II. Текущая аттестация по дисциплине «Нелинейная оптика и оптоэлектроника»

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 I. Линейные и нелинейные явления в оптике.

Тема 1. Линейные и нелинейные явления в оптике.

Тема 2. Генерация второй гармоники

Тема 3. Другие нелинейные эффекты второго порядка

Тема 4. Параметрическая генерация света

Тема 5. Корреляция параметрических волн

Тема 6. Самофокусировка

Тема 7. Самомодуляция световых импульсов

Тема 8. Спонтанное рассеяние света

Тема 9. Вынужденное рассеяние

Тема 10. Четырехволновое смешение

Тема 11. Обращение волнового фронта

Раздел II. Нелинейные явления высших порядков.

Тема 12. Генерация высших гармоник.

Тема 13. Многофотонное поглощение и ионизация

Тема 14. Двухуровневый атом в сильном поле.

Тема 15. Нелинейные эффекты в волоконных световодах

Тема 16. Другие нелинейно-оптические явления

Тема 19. Фоторефрактивный эффект

#### План коллоквиума № 1

1. Уравнения Максвелла и нелинейная поляризация вещества.
2. Классификация нелинейных явлений, характерные интенсивности света.
3. Уравнение связанных волн.
4. Генерация второй гармоники. Условия фазового синхронизма: угловой и частотный синхронизм. Перекачка энергии в гармонику и обратно.
5. Генерация суммарных и разностных частот. Оптическое выпрямление.
6. Параметрическая генерация света. Вырожденный и невырожденный режимы.
7. Корреляция параметрических волн.
8. Механизмы самофокусировки. Волноводный и многофокусный режимы самофокусировки.
9. Самомодуляция световых импульсов.

10. Комбинационное, релеевское, рассеяние Мандельштама-Бриллюена.
11. Вынужденное рассеяние; связь стоксовой и антистоксовой волн.
12. Обращение волнового фронта при рассеянии.
13. Четырехволновое смещение.
14. Связь четырехволнового смещения с известными механизмами нелинейности.

## **План коллоквиума № 2**

1. Понятие об эффекте обращения волнового фронта. Применение обращения волнового фронта.
2. Генерация высших гармоник.
3. Многофотонное поглощение и ионизация.
4. Осцилляции Раби.
5. Самоиндуцированная прозрачность. Генерация эхо.
6. Нелинейные эффекты в волоконных световодах.
7. Нелинейные явления на поверхности сред.
8. Нелинейные эффекты в плазме.
9. Нелинейность вакуума.
10. Фоторефрактивный эффект.
11. Двухволновое смещение в фоторефрактивном кристалле. Уравнение связанных волн.
12. Обращение волнового фронта на основе динамической голограммы, формируемой в фоторефрактивном кристалле.
13. Пропускающая, отражательная и ортогональная геометрии взаимодействия волн в фоторефрактивном кристалле.
14. Адаптивный интерферометр на основе динамической голограммы, формируемой в фоторефрактивном кристалле.

### **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 несущественные 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
10-9 баллов «отлично»	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 «хорошо»</b>	Аналогично отметке "Отлично". Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.
<b>7-6 баллов «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 «Нелинейная оптика и оптоэлектроника»

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. Уравнения Максвелла и нелинейная поляризация вещества.
2. Классификация нелинейных явлений, характерные интенсивности света.
3. Уравнение связанных волн.
4. Генерация второй гармоники. Условия фазового синхронизма: угловой и частотный синхронизм. Перекачка энергии в гармонику и обратно.
5. Генерация суммарных и разностных частот. Оптическое выпрямление.
6. Параметрическая генерация света. Вырожденный и невырожденный режимы.
7. Корреляция параметрических волн.
8. Механизмы самофокусировки. Волноводный и многофокусный режимы самофокусировки.
9. Самомодуляция световых импульсов.
10. Комбинационное, релеевское, рассеяние Манделъштама-Бриллюена.
11. Вынужденное рассеяние; связь стоксовой и антистоксовой волн.
12. Обращение волнового фронта при рассеянии.
13. Четырехволновое смешение.
14. Связь четырехволнового смешения с известными механизмами нелинейности.
15. Понятие об эффекте обращения волнового фронта. Применение обращения волнового фронта.
16. Генерация высших гармоник.
17. Многофотонное поглощение и ионизация.
18. Осцилляции Раби.
19. Самоиндуцированная прозрачность. Генерация эхо.
20. Нелинейные эффекты в волоконных световодах.
21. Нелинейные явления на поверхности сред.
22. Нелинейные эффекты в плазме.
23. Нелинейность вакуума.
24. Фоторефрактивный эффект.
25. Двухволновое смешение в фоторефрактивном кристалле. Уравнение связанных волн.
26. Обращение волнового фронта на основе динамической голограммы, формируемой в фоторефрактивном кристалле.
27. Пропускающая, отражательная и ортогональная геометрии взаимодействия волн в фоторефрактивном кристалле.
28. Адаптивный интерферометр на основе динамической голограммы, формируемой в фоторефрактивном кристалле.

