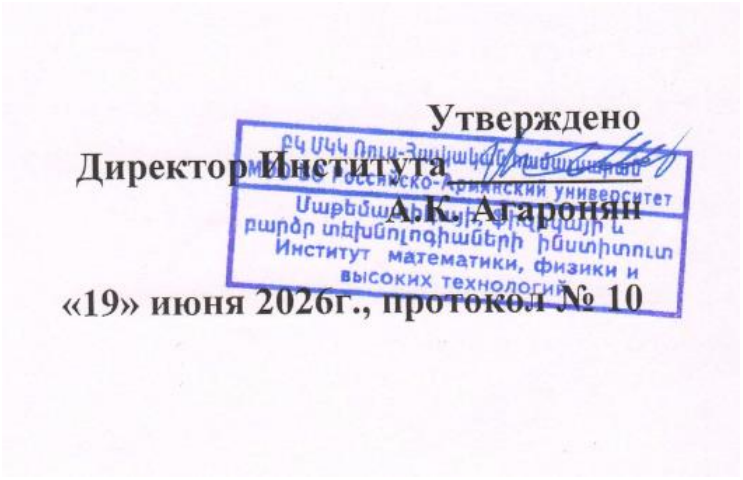
Межгосударственная образовательная организация высшего образования
«Российско-Армянский университет»



Утверждено
Директор Института
А.К. Агаронян
«19» июня 2026г., протокол № 10

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.В.03 Физика лазеров и твердотельные лазерные материалы

Автор (ы) **к.ф.-м.н., преподаватель Мужикян Павел Грачьяевич**
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Наименование образовательной программы: Квантовая и оптическая электроника

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Дисциплина посвящена изучению физических принципов генерации лазерного излучения, устройству и функционированию различных типов лазеров, с акцентом на твердотельные лазерные материалы. В курсе рассматриваются основы взаимодействия излучения с веществом, условия вынужденного излучения, энергетические схемы лазерных переходов, характеристики резонаторов и методы накачки. Особое внимание уделяется физике твердотельных лазеров, включая материалы с активными и пассивными добавками (ионные кристаллы, стекла, керамика), их спектроскопическим свойствам и применению в современных лазерных технологиях. Курс включает также изучение нелинейных эффектов, режимов генерации (непрерывный, импульсный, модовая синхронизация), а также перспективных направлений развития лазерных систем.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

4 академических кредита / 144 часа. Форма итогового контроля — экзамен.

1.3. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ПК-5	Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-5.1	Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований
		ПК-5.2	Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований
		ПК-5.3	Владеет навыками

			подготовки заявок на изобретения

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины:

Формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах работы лазеров, особенностях твердотельных лазерных материалов, а также развитие навыков анализа и оценки характеристик лазерных систем с целью их эффективного применения в науке, промышленности и медицине.

Задачи дисциплины:

Задачами дисциплины являются: изучение физических основ взаимодействия излучения с веществом и условий возникновения вынужденного излучения; освоение классификации и принципов работы различных типов лазеров, включая особенности конструкции твердотельных лазеров; ознакомление с физико-химическими свойствами лазерных материалов и их влиянием на параметры генерации; изучение строения и свойств оптических резонаторов и режимов работы лазеров (непрерывный, импульсный, Q-переключение, модовая синхронизация); развитие у студентов навыков расчёта характеристик лазерного излучения и анализа спектроскопических свойств активных сред; а также расширение представлений о современных областях применения лазеров в науке, промышленности и медицине.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	**Всего, в акад.**	**Распределение по семестрам**

	часах	1 сем
1	2	3
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**144**	**144**
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**32**	**32**
1.1.1. Лекции	**16**	**16**
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**16**	**16**
1.1.3. Лабораторные работы		
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**58**	**58**
1.3. Консультации		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Экзамен 54**	**Экзамен 54**

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)
1	2=3+4+5+6+7	3	4
Тема 1. Введение в физику лазеров	2	1	1
Тема 2. Основы взаимодействия излучения с веществом	4	2	2
Тема 3. Принцип действия лазера	2	1	1
Тема 4. Твердотельные лазеры: классификация и принципы работы	4	2	2
Тема 5. Режимы генерации лазерного излучения	2	1	1
Тема 6. Конструкция и параметры оптического резонатора	4	2	2
Тема 7. Спектроскопические характеристики твердотельных	4	2	2
Тема 8. Тепловые и механические свойства активных сред	4	2	2
Тема 9. Современные твердотельные лазеры и их применение	4	2	2
Тема 10. Перспективы развития лазерных технологий	2	1	1
ИТОГО	32	16	16

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Тема 1. Введение в физику лазеров

Основные понятия, история развития лазерной техники, структура лазеров, области применения.

Тема 2. Основы взаимодействия излучения с веществом

Поглощение, вынужденное и самопроизвольное излучение, коэффициенты Эйнштейна, условия инверсии населённостей.

Тема 3. Принцип действия лазера

Лазерный цикл, генерация и усиление излучения, роль активной среды и резонатора.

Тема 4. Твердотельные лазеры: классификация и принципы работы

Типы твердотельных лазеров (на ионных кристаллах, стеклах, керамике), примесные и матричные материалы.

Тема 5. Режимы генерации лазерного излучения

Непрерывная генерация, импульсный режим, Q-переключение, модовая синхронизация.

Тема 6. Конструкция и параметры оптического резонатора

Типы резонаторов, устойчивость, расходимость пучка, добротность.

Тема 7. Спектроскопические характеристики твердотельных лазерных материалов

Поглощательные и эмиссионные спектры, ширина полосы, перекрытие спектров, люминесценция.

Тема 8. Тепловые и механические свойства активных сред

Влияние тепловой нагрузки, термическое линзообразование, охлаждение активных элементов.

Тема 9. Современные твердотельные лазеры и их применение

Лазеры на основе Nd:YAG, Ti:Sapphire, лазеры с самофокусировкой и нелинейными эффектами. Применение в медицине, спектроскопии, промышленности.

Тема 10. Перспективы развития лазерных технологий

Ультракороткие импульсы, компактные и мощные лазерные системы, интеграция с фотонными схемами.

2.3.3. Краткое содержание практических занятий

Изучение спектров излучения различных типов лазеров
Работа с He-Ne, диодными и твердотельными лазерами, измерение длины волны и ширины спектральной линии.
Определение порога генерации лазера
Исследование зависимости выходной мощности от тока накачки и определение порога генерации.
Измерение характеристик лазерного пучка
Определение диаметра пучка, угла расходимости, формы мод.
Исследование влияния резонатора на свойства излучения
Подбор оптической схемы, настройка резонатора, измерение добротности.
Регистрация и анализ импульсных режимов генерации
Работа с Q-переключателями, осциллографическое измерение длительности и частоты импульсов.
Исследование спектров люминесценции твердотельных активных сред
Работа с кристаллами, стеклами и керамиками, анализ излучения и перекрытия спектров.
Изучение температурного влияния на характеристики лазера
Влияние нагрева на длину волны, эффективность генерации и стабильность пучка.
Моделирование и расчет лазерных систем
Расчет энергетических уровней, коэффициентов усиления и других параметров с использованием специализированного ПО.

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Аудитория для проведения практических занятий

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
Вид учебной работы/контроля	**M1**[1]	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**		
Контрольная работа *(при наличии)*			0.5	0.5				
Устный опрос *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*	0.5	0.5						
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Решение задач	0.5	0.5						

[1] Учебный Модуль

Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. Теоретический блок *(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)*

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

С. А. Ахманов, Р. В. Хохлов — *Основы квантовой электроники*

М. И. Лисицын — *Лазеры и лазерная техника*

А. Е. Беляев — *Физика лазеров*

В. П. Милютин, Ю. М. Попов — *Физические основы лазеров*

В. Н. Уваров, И. Е. Акимов — *Твердотельные лазеры*

В. Е. А. Сале и М. Вольф — *Лазеры и оптоэлектроника*

O. Svelto — *Principles of Lasers* (перевод на русский язык: *Принципы действия лазеров*)

William T. Silfvast — *Laser Fundamentals* (рус. *Основы лазеров*)

Ю. А. Барабашов — *Теория и техника лазеров*

В. В. Дьяконов — *Лазеры: физика и техника генерации*

4. Фонды оценочных средств *(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).*

4.1. Планы практических занятий

Практическое занятие 1. Основы физики лазеров и взаимодействия излучения с веществом
(Тема 1 + Тема 2)

- **Цель:** изучить базовые принципы работы лазеров и взаимодействия излучения с веществом.
- **Основные вопросы:**
  - Принцип вынужденного и спонтанного излучения.
  - Коэффициенты Эйнштейна, условия инверсии населённостей.
  - Основные области применения лазеров.
- **Задания:**
  - Рассчитать условия инверсии для двухуровневой и трёхуровневой систем.
  - Привести примеры использования лазеров в спектроскопии и медицине.

Практическое занятие 2. Принцип действия и структура лазера
(Тема 3 + элементы Тема 6)

- **Цель:** освоить принцип генерации лазерного излучения, роль активной среды и резонатора.
- **Основные вопросы:**
  - Лазерный цикл: накачка, инверсия, генерация, усиление.
  - Структура лазера: активная среда, оптический резонатор, зеркало.
- **Задания:**
  - Рассчитать порог усиления для заданной активной среды.
  - Нарисовать схему простейшего лазера и указать основные элементы.

Практическое занятие 3. Твердотельные лазеры: классификация и свойства
(Тема 4 + элементы Тема 7)

- **Цель:** изучить классификацию твердотельных лазеров и их спектроскопические характеристики.
- **Основные вопросы:**
  - Разновидности твердотельных лазеров (Nd:YAG, Ti:Sapphire).
  - Поглощательные и эмиссионные спектры, ширина полос.
- **Задания:**
  - Составить таблицу параметров Nd:YAG и Ti:Sapphire лазеров.
  - Рассчитать энергетические уровни и длину волны генерации.

Практическое занятие 4. Режимы генерации лазерного излучения
(Тема 5)

- **Цель:** изучить режимы генерации излучения: непрерывный, импульсный, Q-переключение, модовая синхронизация.
- **Основные вопросы:**

- Преимущества и области применения различных режимов.
- Влияние режимов на длительность импульса и мощность.

- **Задания:**
  - Рассчитать длительность импульса при Q-переключении.
  - Определить среднюю и пиковую мощность при импульсном режиме.

Практическое занятие 5. Тепловые и механические свойства активных сред (Тема 8)

- **Цель:** изучить тепловые эффекты и механические свойства активных сред.
- **Основные вопросы:**
  - Термическое линзообразование и его влияние.
  - Методы охлаждения активных элементов.
- **Задания:**
  - Рассчитать изменение показателя преломления при нагреве активного кристалла.
  - Проанализировать влияние тепловой нагрузки на устойчивость лазерного пучка.

Практическое занятие 6. Современные твердотельные лазеры и перспективы развития (Тема 9 + Тема 10)

- **Цель:** изучить современные твердотельные лазеры, их применение и перспективы развития.
- **Основные вопросы:**
  - Современные лазеры (Nd:YAG, Ti:Sapphire) и их области применения.
  - Ультракороткие импульсы, компактные системы, фотонные интеграции.
- **Задания:**
  - Подготовить мини-доклад (5 мин) об одном типе современного лазера и его применении.
  - Рассчитать параметры генерации ультракоротких импульсов

4.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

- ✓ Описать условия возникновения вынужденного излучения и его отличия от спонтанного.
- ✓ Рассчитать длину волны лазерного излучения при заданных параметрах перехода.
- ✓ Сравнить принципы работы твердотельного, газового и полупроводникового лазеров.
- ✓ Обосновать выбор активной среды для твердотельного лазера, исходя из спектроскопических характеристик.
- ✓ Рассчитать порог генерации для лазера при заданной длине резонатора и коэффициенте усиления.
- ✓ Проанализировать режимы генерации лазера: непрерывный, импульсный, Q-переключение.

- ✓ Описать физику модовой синхронизации и её значение для получения ультракоротких импульсов.
- ✓ Исследовать влияние температуры на спектральные и энергетические характеристики твердотельного лазера.
- ✓ Рассчитать энергетическую диаграмму лазерного перехода и определить уровни накачки.
- ✓ Подготовить презентацию на тему: «Современные области применения твердотельных лазеров».

4.3. Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

Вариант 1

1. Объясните принцип действия лазера. Перечислите и кратко охарактеризуйте три необходимых условия для генерации лазерного излучения.
2. Рассчитайте длину волны излучения для перехода с энергией 2.0 эВ.
3. Опишите особенности твердотельных лазеров и приведите примеры используемых активных сред.
4. Постройте энергетическую диаграмму для трёхуровневой лазерной схемы.
5. В чем заключается физическая суть режима Q-переключения?

Вариант 2

1. Сравните спонтанное и вынужденное излучение: физические отличия и роль в работе лазера.
2. Рассчитайте частоту лазерного излучения, если известна длина волны 1064 нм.
3. Охарактеризуйте Nd:YAG-лазер: активная среда, длина волны, область применения.
4. Что такое лазерный резонатор? Какие его параметры влияют на стабильность генерации?
5. Объясните понятие модовой синхронизации и её значение для получения коротких импульсов.

Вариант 3

1. Охарактеризуйте разницу между двухуровневой и четырёхуровневой схемами генерации.

2. Определите порог накачки для заданного коэффициента усиления и длины резонатора.
3. Приведите классификацию лазеров по типу активной среды и принципу накачки.
4. Объясните, как твердотельный лазер может быть использован в медицине.
5. Рассчитайте ширину спектральной линии при заданной добротности резонатора.

4.4. Перечень экзаменационных вопросов

1. Принцип действия лазера. Три условия лазерной генерации.
2. Механизмы спонтанного, вынужденного и индуцированного излучения.
3. Энергетические схемы: двух-, трёх- и четырёхуровневые лазерные системы.
4. Роль инверсии населённостей в работе лазера.
5. Классификация лазеров по типу активной среды (твердотельные, газовые, полупроводниковые и др.).
6. Характеристики твердотельных лазеров. Примеры активных сред.
7. Режимы генерации лазеров: непрерывный, импульсный, Q-переключение, модовая синхронизация.
8. Строение и функции элементов лазерного резонатора.
9. Порог генерации лазера. Условия и расчет.
10. Явление модуляции добротности (Q-switching): принципы и схемы реализации.
11. Метод модовой синхронизации. Получение фемтосекундных импульсов.
12. Затухание и усиление лазерного излучения в активной среде.
13. Тепловые эффекты в твердотельных лазерах и методы их компенсации.
14. Спектральные характеристики лазерного излучения: ширина линии, стабильность, добротность.
15. Применение твердотельных лазеров в науке, медицине, промышленности и телекоммуникациях.

4.5. Образцы экзаменационных билетов

МОО ВО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника
Дисциплина: Физика лазеров и твердотельные лазерные материалы
(магистратура II-ой курс, I-ый семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Роль инверсии населённостей в работе лазера.
2. Явление модуляции добротности (Q-switching): принципы и схемы реализации.
3. Тепловые эффекты в твердотельных лазерах и методы их компенсации.

Зав. кафедройОФКН _____Д.Б. Айрапетян

20__г.