

# Физика лазеров

**Лекторы:**

Анастасия Карпова

**Язык:**

Русский

**Трудоемкость:**

5 з.е.

**Форма контроля:**

Экзамен

**Образовательная программа:**

Теоретическая и экспериментальная физика

8 семестр

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
16	16	
*1 академический час = 45 минутам		

Курс «Физика лазеров» направлен на формирование общего представления у студента о принципе действия и устройстве лазера. Освещены вопросы усиления и генерации электромагнитного излучения различными типами активных сред (твердотельными, газовыми, жидкостными и т.д.), описания открытых резонаторов, рассмотрены режимы работы лазера и способы преобразования лазерных пучков. Отдельное внимание уделяется актуальным областям современной лазерной физики: лазер терагерцового диапазона, плазменный лазер, фононный лазер, «случайный» лазер (random laser), фемтосекундные лазерные системы, лазерный пинцет и т. д.

# Содержание курса

## 8 семестр

### Физика лазеров

#### Структура курса

<b>1. Принцип действия лазера</b>	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак. ч.)
Коэффициенты Эйнштейна. Спонтанное и вынужденное излучение. Формула Планка для спектральной плотности излучения абсолютно черного тела. Условие усиления излучения в активной среде. Однородное и неоднородное уширение линии излучения. Схемы функционирования квантовых генераторов. Вероятностный подход к описанию процессов в лазере. Эффект насыщения. Коэффициенты Эйнштейна. Спонтанное и вынужденное излучение. Формула Планка для спектральной плотности излучения абсолютно черного тела. Условие усиления излучения в активной среде. Однородное и неоднородное уширение линии излучения. Схемы функционирования квантовых генераторов. Вероятностный подход к описанию процессов в лазере. Эффект насыщения.	4	4
<b>2. Активные среды лазеров</b>		
Активные среды твердотельных лазеров: матрицы и ионы-активаторы. Требования, предъявляемые к веществу матрицы. Накачка твердотельных лазеров. Энергетические уровни ионов переходных групп в диэлектрической матрице. Рубиновый лазер. Nd:YAG лазер. Лазеры на центрах окраски. Активные среды газовых лазеров. Виды газовых разрядов. Процессы, приводящие к созданию инверсии населенностей и опустошению нижнего лазерного уровня. Введение буферного газа. He-Ne лазер. Аргоновый лазер. CO <sub>2</sub> -лазер. Эксимерные лазеры. Активные среды жидкостных лазеров. Классы сильно люминесцирующих органических красителей и выбор растворителя. Накачка и перестройка длины волны излучения лазеров на красителях. Особенности полупроводниковых лазеров. Материалы полупроводниковых лазеров: бинарные, тройные и четверные твердые растворы. Легирование полупроводников. Условие усиления излучения в объемном полупроводнике. Лазеры на гомо- и гетеропереходах. Распределенная обратная связь. Лазер на двойной гетероструктуре с отдельным электронным и оптическим ограничением (РО ДГС-лазер). Лазер на множественных квантовых ямах. Оже-рекомбинация в квантовых ямах. Квантовый каскадный лазер.	6	6
<b>3. Резонатор лазера</b>		
Роль оптического резонатора. Отличие пассивного резонатора от лазерного (активного) резонатора. Пороговое условие генерации. Резонансные частоты резонатора. Объемные и открытые резонаторы в оптическом диапазоне. Дифракционные потери и устойчивость открытого резонатора. Теория оптического резонатора Фокса и Ли. Конфокальный резонатор. Полиномы Эрмита-Гаусса. Распространение гауссова пучка в пространстве. Радиус кривизны поверхности одинаковой фазы. ABCD-закон.	2	2
<b>4. Режимы работы лазера</b>		
Одномодовый и многомодовый режимы генерации лазера. Эффекты выгорания пространственных и спектральных провалов. Генерация сверхкоротких световых импульсов: синхронизация продольных мод. Импульсный режим работы лазера. Методы активной модуляции добротности резонатора: оптико-механическая модуляция добротности, акустооптическая модуляция добротности, модуляция полезных потерь.	2	2
<b>5. Актуальные области современной лазерной физики</b>		
Волоконный лазер. Создание лазеров терагерцового диапазона: усиление излучения в структурах на основе теллурида кадмия-ртути. Лазер на кремнии как ключевой элемент кремниевой фотоники. Случайный лазер (random laser). Плазмонный лазер. Поляритонный лазер. Фемтосекундные лазерные системы. Фононный лазер. Лазерный пинцет.	2	2

#### Рекомендуемые ресурсы

1. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике / Н. В. Карлов. – М.: Наука, 1983. – 320 с.: ил.
2. Пихтин А. Н. Оптическая и квантовая электроника: Учеб. для вузов / А. Н. Пихтин. – М.: Высшая шк., 2001. – 573 с.: ил.
3. Кондиленко И. И. Физика лазеров / И. И. Кондиленко, П. А. Коротков, А. И. Хижняк. – К.: Вища школа. Головное из-во, 1984 – 232 с.
4. Крылов К. И. Основы лазерной техники: Учеб. пособие для студентов приборостроительных спец. вузов / К. И. Крылов, В. Т. Прокопенко, В. А. Тарлыков. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990 – 316 с.: ил.
5. Тарасов Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения / Л. В. Тарасов. – М.: Радио и связь, 1981 – 440 с.: ил.

## Политика оценивания

### Оценочные средства дисциплины: домашнее задание, занятие-семинар, экзамен.

Суммарное количество баллов, набираемое студентом при прохождении курса «Физика лазеров», складывается из трех составляющих:

баллы за решение домашних задач, баллы за выступление на занятии-семинаре и баллы за сдачу экзамена.

Максимальное количество баллов за курс – 28 баллов.

#### Решение задач (максимальное количество баллов – 15)

1.5 балла за задачу, которая верно решена, ответ правильный

0.75 балла за задачу, которая частично верно решена (серьезные вычислительные ошибки, существенное нарушение логики в решении задачи с развернутым ответом)

0 баллов за задачу, которая не решена (предлагаемое решение принципиально неверно или студент не выполняет решение этой задачи)

При самостоятельном обнаружении ошибки студент имеет право без потери баллов прислать исправленное решение задачи в нем до крайнего срока сдачи работы.

Прием работ на проверку после крайнего срока сдачи не осуществляется.

#### Выступление на занятии-семинаре (максимальное количество баллов – 7)

3 балла за полноту освещения выбранной темы

1 балл за обобщение материала для аудитории (слайд «Выводы» в презентации)

1 балл за качество подготовки визуального материала

0.5 балла за указание списка использованной литературы

0.5 балла за соблюдение правильности устной речи, отказ от профессионального жаргона

1 балл за самостоятельные (без помощи преподавателя) ответы на вопросы, задаваемые аудиторией

#### Сдача экзамена (максимальное количество баллов – 6)

2 балла за содержательно полный, аргументированный ответ на один из двух вопросов в билете

1 балл за частично правильный или неполный ответ на один вопрос в билете

2 балла за более чем 50 % правильных ответов на дополнительные вопросы по материалам всего курса, задаваемые экзаменатором

1 балл за менее чем 50 % (включительно) правильных ответов на дополнительные вопросы по материалам всего курса, задаваемые экзаменатором

За перетягивание экзаменационного билета студент штрафуются на 2 балла.

#### Выставление оценок «автоматом» и допуск к экзамену:

менее 17 баллов – оценка «неудовлетворительно»

17 баллов (включительно) – оценка «удовлетворительно», допуск к экзамену

22 балла (включительно) – оценка «хорошо»,

25 баллов (включительно) – оценка «отлично»