

ПРОГРАММА  
курса лекций по разделу «Колебания и волны, оптика»  
Лектор – профессор Грибова Е.З.

## ВВЕДЕНИЕ

Классификация колебаний. Единый подход к описанию колебаний различной физической природы. Что такое радиофизика?

### 1. ЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ

Примеры линейных колебательных систем с одной степенью свободы. Уравнение линейного осциллятора.

**Свободные (собственные) колебания гармонического осциллятора. Фазовый портрет. Превращения энергии при колебаниях.**

**Затухающие свободные колебания линейного осциллятора. Характеристики затухания. Фазовый портрет.**

Апериодический и критический режимы свободных колебаний линейного осциллятора. Фазовые портреты.

Линейный осциллятор с «отрицательным» трением.

**Вынужденные колебания линейного осциллятора. Явление резонанса, резонансные кривые (пример - колебательный контур).**

Фазовые соотношения при вынужденных колебаниях линейного осциллятора.

Сложение двух скалярных гармонических колебаний с близкими частотами. Биения.

Сложение двух взаимно-перпендикулярных гармонических колебаний с близкими частотами.

Процессы установления колебаний (переходные процессы): резонансный и нерезонансный случаи.

Решение уравнения гармонического осциллятора при произвольной вынуждающей силе.

### 2. СПЕКТРАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ

**Разложение периодической функции в ряд Фурье (пример - последовательность прямоугольных импульсов).**

**Представление непериодической функции интегралом Фурье (пример – прямоугольный импульс).** Соотношение неопределенностей для преобразования Фурье.

Спектральное разложение как физическое явление. Отклик линейного осциллятора на произвольное внешнее воздействие. Колебательный контур как спектральный прибор.

Принцип радиосвязи. **АМ-сигнал и его спектр.** Колебательный контур как селективный приемник радиосигналов.

### 3. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С НЕСКОЛЬКИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Примеры связанных колебаний. Свободные колебания в системе двух связанных контуров. Нормальные колебания.

Вынужденные колебания в системе двух связанных контуров. Резонансная кривая. Динамическое демпфирование.

### 4. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Энергетика параметрических колебательных систем (пример – скачкообразное изменение емкости в колебательном контуре). Параметрический резонанс (пример – колебательный контур с периодически изменяемой емкостью).

Примеры нелинейных осцилляторов. Особенности свободных колебаний нелинейного осциллятора: ангармонизм, неизохронность. Особенности вынужденных колебаний нелинейного осциллятора: генерация гармоник и субгармоник, гистерезис резонансной кривой. Автоколебания.

### 5. КИНЕМАТИКА ВОЛН

**Волновое уравнение (одномерное и трехмерное). Бегущие недеформирующиеся волны: плоские, сферические, цилиндрические.**

Дисперсия. Дисперсионное уравнение. Нормальная и аномальная дисперсии. Распространение волновых пакетов на примере тригармонической волны. Первое приближение теории дисперсии. **Фазовая и групповая скорости.**

## 6. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

**Явление интерференции. Интерференция двух встречных плоских волн. Стоячая волна.** Интерференция двух сферических волн. Особенности интерференции в оптике. Классические опыты с раздвоением источника. Интерференция света в тонких пленках. Просветление оптики. **Полосы равного наклона и равной толщины.**

## 7. УПРУГИЕ ВОЛНЫ

Продольные волны в стержне, вывод волнового уравнения. Энергетические соотношения в упругой волне. Акустические волны в газах и жидкостях. Явления на границе двух сред при нормальном падении упругих волн. Собственные колебания в ограниченных системах.

## 8. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Вывод волнового уравнения из уравнений Максвелла. **Плоские бегущие синусоидальные волны.** Дисперсионное уравнение. **Показатель преломления.** Поперечность волн. Связь между электрическим и магнитным полями. Импеданс. **Поляризация.** Стоячая синусоидальная электромагнитная волна.

**Теорема Пойнтинга, вектор Пойнтинга.** Энергетика электромагнитных волн, примеры - бегущая и стоячая волны.

Излучение электромагнитных волн элементарным вибратором. Ближняя, промежуточная и дальняя зоны. Свойства поля излучения. **Диаграмма направленности,** сопротивление излучения. Излучение одиночного заряда. Решетки из вибраторов. Условия острой направленности излучения. **Ширина главного лепестка диаграммы направленности.**

Нормальное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. Согласование сред. Фазовые соотношения. Наклонное падение электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектрических сред. **Закон Снелля.** Формулы Френеля. **Явления Брюстера и полного (внутреннего) отражения.**

## 9. РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА В АНИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ

Дисперсионные свойства нормальных волн в одноосном кристалле. Поверхности нормалей. Поляризационная структура нормальных волн в одноосном кристалле. Лучи, лучевые поверхности. Преломление на границе одноосного кристалла. Построение Гюйгенса. **Фазовые пластинки.** Интерференция поляризованных лучей. Хроматическая поляризация.

## 10. ДИФРАКЦИЯ

**Принцип Гюйгенса–Френеля как метод решения дифракционных задач.** Дифракция на круглом отверстии. **Зоны Френеля.** Зонные пластинки (амплитудная и фазовая). **Дифракция на узкой щели. Спираль Корню.** Дифракция на прямоугольном отверстии. **Дифракция на крае экрана.** Дифракция на бесконечно длинной щели произвольной ширины. Предельные случаи дифракции Френеля. **Дифракция Фраунгофера на бесконечно длинной щели.** Амплитудная дифракционная решетка. Дифракционная решетка как спектральный прибор.

## 11. СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ. ВРЕМЕННАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ

Понятие о временной и пространственной когерентности, продольный и поперечный масштабы когерентности. Связь масштабов когерентности со свойствами источников света. Особенности интерференции хаотически-модулированных колебаний. Влияние когерентных свойств света на наблюдение интерференции. Звездный интерферометр Майкельсона.

**Жирным** шрифтом выделены вопросы программы-минимум.

#### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Горелик Г.С. Колебания и волны. М.: Физматгиз, 1959.

Трубецков Д.И., Рожнев А.Г. Линейные колебания и волны. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.

Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 3. Электричество. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.

Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 4. Оптика. М.: Наука, 1980.

Берклеевский курс физики, т.3, Ф.Крауфорд. Волны. М.: Наука, 1974.

Калитеевский Н.И. Волновая оптика. М.: Наука, 1971.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981.

Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.Д. Теория волн. М.: Наука, 1979.

М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М.: Наука, 1973.