

# ОПТИКА

## СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ОПТИКИ

Стислий історичний огляд розвитку оптики. Сучасні напрями застосування оптики. Від фундаментальної фізики до нанотехнологій. Шкала електромагнітних хвиль. Оптичний діапазон. Інформаційна ємність оптичного сигналу.

## ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА

Наближення геометричної оптики. Промінь світла. Межі застосування променевого наближення. Основні закони геометричної оптики. Основні терміни геометричної оптики. Правила знаків. Принцип Ферма.

Заломлення на сферичній поверхні. Лінзи та плоскі дзеркала. Інваріанти Аббе та Лагранжа-Гельмгольца, формула Ньютона. Збільшення в оптичних системах. Матричний метод в геометричній оптиці. Матриці основних елементів: сферична поверхня, сферичне дзеркало, просторовий проміжок, тонка лінза. Розв'язок задач геометричної оптики матричним методом: знаходження положення заднього та переднього фокусів, оптичної сили, положення зображення та його кутове і лінійне збільшення. Складна центрована оптична система. Матриця складних систем. Кардинальні точки та площини. Графічний та матричний метод знаходження кардинальних елементів. Побудова зображень з використанням кардинальних елементів.

Аберації оптичних систем. Роль діафрагм в оптичних системах. Оптичні системи: телескопічна, проєкційна, мікроскоп.

## ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ПРИРОДА СВІТЛА

Хвильове рівняння. Структура електромагнітних хвиль. Монохроматична та квазімонохроматична хвиля. Перетворення Фур'є в часі та просторі. Дійсна та комплексна форми запису хвилі. Хвильовий вектор. Стани поляризації світлових хвиль. Потік енергії плоскої хвилі. Потік імпульсу. Тиск світла. Тиск світла в лазерних пучках та в астрофізиці. Фотометрія світлового випромінювання. Фотометричні величини та їх вимірювання. Співвідношення між енергетичними та світловими характеристиками випромінювання. Інтенсивність світла. Фізичні та фізіологічні властивості зору.

## РОЗПОВСЮДЖЕННЯ, ЗАЛОМЛЕННЯ ТА ВІДБИВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ В ІЗОТРОПНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Рівняння Максвелла для прозорих діелектриків. Матеріальні рівняння. Закони заломлення та відбивання світла на межі двох діелектриків. Волоконно-оптичні елементи. Застосування волоконної оптики. Поділ амплітуди світлової хвилі на межі розподілу двох середовищ. Стоячі світлові хвилі. Досліди Вінера. Світловий вектор.

Формули Френеля. Поляризація відбитої та заломленої хвиль. Ступінь поляризації. Зсув фази при відбиванні. Коефіцієнти відбивання та заломлення світла. Кут Брюстера. Повне внутрішнє відбивання світла. Поляризація світла при повному внутрішньому відбиванні.

## ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА

Інтерференція плоских квазімонохроматичних хвиль. Статистичний підхід. Роль часу усереднення. Функції автокореляції та взаємної кореляції світлових полів. Когерентність світла. Двопроменева інтерференція за умов просторового поділу хвильового потоку. Головні характеристики інтерференційних схем. Вплив монохроматичності та розмірів джерела світла на якість інтерференційної картини. Часова та просторова когерентність. Довжина та радіус когерентності. Методи вимірювання, міри просторової когерентності. Двопроменева інтерференція за умов амплі-тудного поділу світлового потоку. Лінії рівного нахилу та рівної товщини. Просвітлення оптики. Багатошарові інтерференційні покриття. Діелектричні дзеркала. Двопроменеві інтерферометри, інтерференційний метод визначення еталона довжини. Багатопроменеві інтерферометри. Інтерферометр Фабрі-Перо. Принцип роботи Фур'є – спектрометра.

## **ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА**

Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Прямолінійне розповсюдження світла по Френелю. Дифракція Френеля на круглому екрані, круглому отворі, напівплощині. Зонна платівка як лінза. Методи розв'язання задач дифракції. Дифракція плоских хвиль на апертурах різної форми. Опис дифракції Фраунгофера за допомогою перетворення Фур'є. Дифракційна ґратка. Випадок похилого падіння променів на ґратку. Амплітудні та фазові ґратки. Дифракція на ультразвуковій хвилі. Дифракція на тривимірній ґратці. Умови Лауе. Дифракція рентгенівських променів у кристалах. Формула Вульфа-Бреггів. Структурний аналіз. Методи Лауе, Брегга, Дебая-Шерера. Елементи Фур'є-оптики. Формування зображень - обернена задача дифракції. Просторова фільтрація зображень.

## **ГОЛОГРАФІЯ**

Голографія як засіб запису інформації. Схема Габора. Голографія як двостадійний процес запису і відтворення оптичної інформації. Схема Лейта і Упатнієкса. Формування уявного і дійсного зображень. Дифузне освітлення. Товсті та тонкі голограми. Фазові голограми, дифракційна ефективність, шуми. Застосування оптичної голографії. Інтерферометрія (диференційна і двочастотна), голографічна мікроскопія, компенсація фазових спотворень, кіноформи, системи оптичної обробки і інформації (фільтрація).

## **ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА**

Показник заломлення ізотропного діелектрика. Поглинання світла. Дисперсія поглинання в інфрачервоній, видимій, ультрафіолетовій і рентгенівській ділянках спектра. Аномальна дисперсія світла. Класична теорія дисперсії. "Оптичний" електрон в моделі класичного осцилятора. Формула Лоренц-Лоренца. Урахування скінчених розмірів осцилятора - просторова дисперсія. Відбивання світла від поглинаючої речовини. Оптичні властивості металів. Хвильове рівняння з врахуванням руху квазівільних електронів. Формула для комплексної діелектричної проникненості. Формули для уявної і дійсної частин хвильового вектора. Заломлення на межі металу. Неоднорідна хвиля. Формули Кеттлера. Формули Френеля. Аномальний скін-ефект. Поняття про ефективну проникність металу.

## **СПЕКТРАЛЬНІ ПРИЛАДИ**

Загальна класифікація і характеристика. Дисперсія роздільна здатність, область дисперсії. Схеми дифракційних і призмених спектральних приладів. Фур'є-

спектрометри. Поняття про лазерну спектроскопію.

## **РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПЛОСКОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ В АНІЗОТРОПНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Розповсюдження електромагнітних хвиль в анізотропному середовищі. Природа оптичної анізотропії. Діелектричні властивості анізотропної речовини. Тензор діелектричної проникності. Головні осі кристала. Еліпсоїд Френеля. Одновісні та двовісні кристали. Подвійне променезаломлення та його пояснення. Побудова Гюйгенса для одновісних кристалів. Поляризаційні прилади. Поляризатори. Хроматична поляризація світла. Поляризаційні фільтри. Компенсатори. Штучна анізотропія. Ефект Кера. Оптична активність речовини. Механізм обертання площини поляризації. Моделі оптично-активної речовини. Обертання площини поляризації світла речовиною в магнітному полі. Ефект Фарадея.

## **НЕЛІНІЙНА ОПТИКА**

Потужна світлова хвиля в речовині. Розгляд дисперсії та поляризованості в гармонійному та ангармонійному наближенні. Нелінійна поляризованість середовища, квадратична та кубічна. Нелінійна рефракція та нелінійне поглинання. Ефект Погкельса та лінійний електрооптичний ефект. Ефект Кера та квадратичний електрооптичний ефект. Нелінійна взаємодія випромінювання з речовиною - генерація гармонік. Умова узгодження фаз. Самофокусування та самодифракція світла.

## **РОЗСІЯННЯ СВІТЛА РЕЧОВИНОЮ**

Релеєвське розсіяння світла як приклад дифракції світла на неупорядкованій структурі. Розсіяння Мандельштама-Бриллюена - взаємодія світлових та акустичних хвиль. Раманівське (комбінаційне) розсіяння: квантова і класична інтерпретація. Експериментальна схема дослідження комбінаційного розсіяння.

## **ОПТИКА РУХОМИХ СЕРЕДОВИЩ**

Швидкість світла - фазова та групова. Сучасні методи вимірювання швидкості світла. Явище Вавілова-Черенкова. Синхротронне випромінювання. Ефект Допплера в оптиці. Вимірювання поздовжнього та поперечного ефектів Допплера. Оптичні експерименти в неінерційних системах. Ефект Саньяка. Лазерний гіроскоп.

## **ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Рівноважне теплове випромінювання. Здатність тіл поглинати світло. Спектральна густина енергетичної яскравості та світності. Абсолютно чорне тіло, закони випромінювання такої речовини. Введення М.Планком ідеї квантування. Закони Релея-Джинса та Віна як граничні випадки великих та малих частот, формули Планка. Спонтанне та вимушене випромінювання в квантових системах. Умови підсилення вимушеного (індукованого) випромінювання. Інверсна населеність енергетичних рівнів. Часова та просторова структура випромінювання лазерів. Одномодове та багатомодове випромінювання лазерів.

## **ФОТОЕФЕКТ**

Головні експериментальні залежності та їх пояснення. Фотон-світловий квант, енергія, імпульс, спин фотона. Корпускулярний хвильовий дуалізм.

# Література

## Основна

1. Бутиков Е.Я. Оптика. - М., 1986.- 512с.
2. Горбань І.С. Оптика. - К., 1979.- 224с.
3. Ландсберг Г.С. Оптика, - М." 1976.- 928с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики: в 5 т. - М., 1980., Т.4., - 752с.

## Додаткова

1. Борн М., Вольф Е. Основы оптики. - М., 1970.- 856с.
2. Калитиевский Н.И. Волновая оптика. - М., 1977. - 383с.
3. Матвеев А.Н. Оптика. - М., 1985. 351с.
4. Стюарт, Введение в Фурье-оптику. -М., 1965.- 182с.