

Оглавление курса лекций "ОПТИКА".
Проф. В.С. Русаков

Введение. Предмет изучения и разделы оптики.

Глава I. Электромагнитная теория света.

§1. Уравнения Максвелла и материальные уравнения.

§2. Волновое уравнение. Принцип суперпозиции.

§3. Бегущие электромагнитные волны. Скорость света. Формула Максвелла.

3.1. Плоские волны.

А. Общее решение. Форма волны. Фронт возмущений.

Б. Гармоническая волна. Фазовый фронт. Комплексное представление.

3.2. Сферические волны.

А. Общее решение.

Б. Гармоническая волна. Амплитудный фронт. Комплексное представление.

§4. Световые пучки и импульсы. Модели реальных световых волн.

4.1. Квазиплоская и квазисферическая гармонические волны.

4.2. Квазигармонические волны.

4.3. Случайно модулированные волны.

§5. Свойства плоских волн.

5.1. Ориентация и взаимосвязь полевых векторов.

5.2. Поляризация. Классификация состояний поляризации.

§6. Поток и плотность потока энергии электромагнитной волны.

6.1. Вектор Умова-Пойнтинга. Интенсивность света.

6.2. Энергетика световых пучков и импульсов.

6.3. Закон изменения энергии электромагнитного поля.

§7. Давление и плотность импульса электромагнитной волны.

Импульс фотона.

§8. Давление световой волны на поверхность тела.

§9. Плотность момента импульса световой волны. Момент импульса фотона.

Глава II. Метод спектрального описания волновых полей.

§1. Суть и основы метода.

§2. Преобразования Фурье.

2.1. Интеграл и коэффициенты Фурье.

2.2. Спектральные амплитуда, фаза и плотность, комплексная спектральная амплитуда и их свойства.

§3. Свойства преобразований Фурье.

3.1. Суперпозиция импульсов.

3.2. Смещение импульса во времени.

3.3. Изменение масштаба времени.

3.4. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра.

3.5. Смещение спектра по частоте.

3.6. Теорема Планшереля.

§4. Примеры преобразования Фурье.

4.1. Гармоническое колебание.

4.2. Прямоугольный импульс и цуг волн.

4.3. Экспоненциальный импульс и слабозатухающая волна.

§5. Спектральная плотность интенсивности.

5.1. Световой импульс.

5.2. Непрерывное стационарное излучение.

5.3. Совокупность случайно разбросанных во времени одинаковых световых импульсов.

Глава III. Интерференция света.

§1. Интерференция и когерентность.

1.1. Методы деления фронта и амплитуды. Схема интерференции Юнга. Принцип Гюйгенса-Френеля.

1.2. Общая схема и уравнение двухволновой интерференции.

§2. Интерференция монохроматических волн.

2.1. Уравнение интерференции и порядок интерференции.

2.2. Интерференционная картина и функция видности.

2.3. Линейная и угловая ширины интерференционных полос.

§3. Интерференция квазимонохроматических волн.

3.1. Уравнение интерференции и условие интерференции.

3.2. Спектральное описание и уравнение интерференции в частотном представлении.

3.3. Функция видности, время и длина когерентности, максимальный порядок интерференции.

3.4. Временное описание и уравнение интерференции. Функция корреляции и ее свойства.

3.5. Функция временной корреляции совокупности случайно разбросанных во времени одинаковых световых импульсов

3.6. Теорема Винера-Хинчина.

3.7. Понятие о Фурье-спектроскопии. Разрешающая способность Фурье-спектрометра.

§4. Пространственная когерентность.

4.1. Уравнение интерференции.

4.2. Функция видности, угол и радиус когерентности.

4.3. Звездный интерферометр Майкельсона.

4.4. Комплексная функция корреляции и степень когерентности.

А. Пространственно-временные корреляция и когерентность.

Б. Временные корреляция и когерентность.

В. Стационарное, однородное и изотропное световое поле.

§5. Основные схемы двухволновой интерференции.

5.1. Метод деления волнового фронта.

А. Схема Юнга. Характерные особенности метода.

Б. Реализации метода.

5.2. Метод деления амплитуды.

А. Прозрачная пластина. Оптическая длина пути и разность хода. Характерные особенности метода.

Б. Реализации метода.

5.3. Интерференция при естественных условиях в тонких пленках.

§6. Многоволновая интерференция.

6.1. Уравнения многоволновой интерференции – формулы Эйри.

6.2. Функция видности, ширина и резкость интерференционных полос.

6.3. Интерференционный фильтр.

6.4. Реализации многоволновой интерференции.

А. Интерферометр Фабри-Перо.

Б. Пластина Люммера-Герке.

Глава IV. Дифракция света.

§1. Дифракционный интеграл Френеля.

1.1. Принцип Гюйгенса-Френеля и дифракционный интеграл.

1.2. Свойства дифракционного интеграла Френеля.

А. Теорема обратимости Гельмгольца.

Б. Принцип дополнительности Бабинне.

§2. Метод зон Френеля.

2.1. Радиус и площадь зон Френеля.

2.2. Число Френеля. Условия подобия дифракции и перехода от волновой к геометрической оптике.

§3. Метод векторных диаграмм.

3.1. Спираль Френеля.

3.2. Зонные пластинки.

А. Амплитудная и фазовая зонные пластинки.

Б. Фокусы зонной пластинки.

3.3. Линза как оптимальная фазовая зонная пластинка.

§4. Простейшие дифракционные задачи.

4.1. Дифракция на круглом отверстии.

4.2. Условия пространственно-временной когерентности.

4.3. Дифракция на круглом экране. Пятно Пуассона.

4.4. Дифракция на крае полубесконечного экрана и щели. Спираль Корню.

§5. Ближняя и дальняя зоны дифракции.

5.1. Дифракционная длина пучка.

5.2. Дифракционная расходимость пучка в дальней зоне.

5.3. Фокусировка света как дифракционное явление.

§6. Понятие о теории дифракции Кирхгофа.

6.1. Недостатки положений принципа Гюйгенса-Френеля.

6.2. Уравнение Гельмгольца и интегральная теорема Гельмгольца-Кирхгофа.

6.3. Дифракционный интеграл Френеля-Кирхгофа.

6.4. Приближения Френеля и Фраунгофера.

6.5. Дифракция в дальней зоне как пространственное преобразование Фурье.

- А. Комплексная пространственная спектральная амплитуда.**
- Б. Разложение пучка по плоским волнам.**
- В. Угловой спектр и его ширина.**

§7. Дифракция Фраунгофера на пространственных структурах.

7.1. Дифракция на прямоугольном отверстии.

7.2. Дифракция на круглом отверстии.

7.3. Дифракционные решетки.

- А. Функция (комплексный коэффициент) пропускания (отражения).
Классификация дифракционных решеток.**
- Б. Одномерная решетка. Фактор многоволновой интерференции.**
- В. Интерференционная функция Лауэ. Угловая ширина главных максимумов**
- Г. Амплитудная прямоугольная решетка.**
- Д. Фазовая решетка.**

7.4. Дифракция на многомерных периодических структурах.

- А. Двумерная структура. Прямоугольные дифракционные решетки.**
- Б. Трехмерная структура. Уравнения Лауэ. Условие Брэгга-Вульфа.
Понятие о рентгеноструктурном анализе.**

§8. Анализ, преобразование и синтез световых полей.

8.1. Спектральный прибор и его основные характеристики.

8.2. Дисперсионные, дифракционные и интерференционные спектральные приборы.

- А. Призма.**
- Б. Дифракционная решетка.**
- В. Эшелон Майкельсона.**
- Г. Многоволновые интерферометры.**
- Д. Интерферометр Майкельсона.**

8.3. Основы дифракционной теории формирования изображений Аббе. Пространственная фильтрация изображения. Опыт Аббе-Портера.

8.4. Специальные методы наблюдения фазовых объектов.

- А. Метод темного поля. Кружок Эйри.**
- Б. Метод фазового контраста. Светлый и темный фазовый контраст.**

8.5. Роль дифракции в приборах, формирующих изображение.

- А. Предел разрешения и разрешающая способность оптического прибора.**
- Б. Телескоп.**
- В. Микроскоп. Уравнение синусов Аббе.**

8.6. Запись и восстановление светового поля – голография.

- А. Схемы голографической записи и восстановления**
- Б. Классификация голограмм.**

Глава V. Распространение света в веществе.

§1. Дисперсия и поглощение света.**1.1. Молекулярная поляризуемость и вектор поляризации.****Формула Моссоти-Клаузиуса.****1.2. Классическая электронная теория дисперсии. Плазменная частота.****Комплексный показатель преломления. Закон Бугера.****1.3. Зависимости показателя преломления и коэффициента поглощения от частоты. Дисперсионные формулы.****1.4. Распространение светового импульса в диспергирующей среде.****А. Фурье-анализ, спектральное преобразование и Фурье-синтез светового поля.****Б. Фазовая и групповая скорости. Формула Рэлея.****В. Дисперсионное расплывание волновых пакетов. Дисперсионная длина светового импульса.****§2. Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков.****2.1. Законы отражения и преломления света.****2.2. Формулы Френеля.****2.3. Эффект Брюстера.****2.4. Явление полного внутреннего отражения.****2.5. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света.****§3. Распространение света в анизотропных средах.****3.1. Описание диэлектрических свойств анизотропных сред. Главные диэлектрические оси.****3.2. Плоские электромагнитные волны в анизотропной среде.****А. Структура световой волны, нормаль и луч, фазовая и лучевая скорости.****Б. Главные скорости. Уравнение Френеля для фазовых скоростей. Свойства волн, распространяющихся в заданном направлении нормали.****В. Уравнение Френеля для лучевых скоростей. Свойства волн, распространяющихся в заданном направлении луча.****3.3. Эллипсоид лучевых скоростей. Оптическая ось.****3.4. Лучевая поверхность и ее сечения.****3.5. Оптические свойства одноосных кристаллов.****А. Главная плоскость, обыкновенный и необыкновенный лучи. Отрицательные и положительные кристаллы.****Б. Двойное лучепреломление и поляризация света. Метод построения Гюйгенса.****1. Оптическая ось перпендикулярна поверхности кристалла.****2. Оптическая ось параллельна поверхности кристалла.****Закон Малюса.****3. Оптическая ось под углом к поверхности кристалла.****3.6. Поляризационные приборы.****А. Получение и анализ поляризованного света. Явление дихроизма. Поляририд и поляризационные призмы.**

Б. Управление поляризацией света. Компенсатор Бабине и оптические пластинки.

3.7. Наведенная анизотропия оптических свойств.

А. Фотоупругость.

Б. Эффекты Погкельса и Керра.

В. Явление Коттон-Мутона, эффекты Зеемана и Фарадея.

§4. Рассеяние света.

4.1. Индикатриса рассеяния, сечения и коэффициенты рассеяния.

4.2. Излучение элементарного рассеивателя. Закон Рэлея, индикатриса рассеяния и поляризация.

4.3. Молекулярное рассеяние света.

А. Статистическая теория рассеяния.

Б. Формулы Эйнштейна и Рэлея.

В. Важнейшие особенности молекулярного рассеяния.

4.4. Рассеяние Рэлея в дисперсных средах.

4.5. Рассеяние Ми.

4.6. Рассеяние Мандельштама-Бриллюена.

4.7. Комбинационное рассеяние.

Глава VI. Излучение света.

§1. Излучение атома.

1.1. Классическая осцилляторная модель атома.

1.2. Естественная форма и ширина линии излучения.

§2. Излучение ансамбля статистически независимых осцилляторов.

2.1. Уширение спектральной линии.

А. Ударное уширение.

Б. Доплеровское уширение.

2.2. Понятие об однородном и неоднородном уширении.

§3. Тепловое излучение.

3.1. Излучательная и поглощательная способности вещества. Закон Кирхгофа. Модель абсолютно черного тела.

3.2. Формула Рэлея-Джинса.

3.3. Ограниченность классической теории излучения.

3.4. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.

§4. Основные представления о квантовой теории излучения света атомами и молекулами.

4.1. Квантовые свойства света.

А. Фотоэлектрический эффект.

Б. Эффект Комптона.

4.2. Квантовые свойства атомов, постулаты Бора.

4.3. Двухуровневые квантовые системы

А. Характеристики стационарного состояния

Б. Типы радиационных переходов. Коэффициенты Эйнштейна

1. Спонтанное испускание

- 2. Поглощение
 - 3. Вынужденное испускание
 - В. Взаимодействие с излучением при термодинамическом равновесии
 - 1. Взаимосвязь коэффициентов Эйнштейна, формула Планка
 - 2. Формула Вина, закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина
 - Г. Контуры спектральных линий
- §5. Многоуровневые системы.
- 5.1. Энергетическая структура атомов, молекул и твердых тел.
 - 5.2. Явление люминесценции.
 - А. Определение и классификация.
 - Б. Механизмы и свойства.
 - В. Квантовый и энергетический выходы, тушение люминесценции
 - 5.3. Резонансное усиление света.
 - А. Линейные коэффициенты поглощения и усиления среды. Инверсная заселенность энергетических уровней.
 - Б. Воздействие светового потока на заселенность уровней.
 - В. Получение инверсной заселенности с помощью трехуровневой системы.
- §6. Лазеры – устройство и принцип работы.
- 6.1. Принципиальная схема лазера. Условия стационарной генерации.
 - 6.2. Продольные и поперечные моды. Спектральный состав излучения лазера. Ширина полосы усиления.
 - 6.3. Синхронизация мод, генерация сверхкоротких импульсов.
 - 6.4. Характеристики лазеров.
 - А. Рубиновый лазер.
 - Б. Гелий-неоновый лазер.
 - В. СО₂-лазер.
 - Г. Лазеры на органических красителях.
 - Д. Полупроводниковый лазер.
- §7. Нелинейные оптические явления.
- 7.1. Поляризация среды в поле высокоинтенсивного лазерного излучения.
 - 7.2. Среда с квадратичной нелинейностью. Оптическое детектирование и генерация гармоник.
 - 7.3. Среда с кубичной нелинейностью. Самофокусировка волновых пучков и генерация гармоник.
 - 7.4. Тепловое самовоздействие излучения