

ОПТИКА

4.1. Введение.

Классическая электромагнитная теория света. Классификация электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Источники света, их характеристики. Ограниченность классической теории. Корпускулярно-волновой дуализм.

4.2. Основы электромагнитной теории света.

Уравнение Максвелла. Волновое уравнение. Бегущие электромагнитные волны. Скорость света в однородных изотропных диэлектриках. Плотность энергии и импульса электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Интенсивность света. Давление света. Опыты Лебедева.

4.3. Модулированные волны.

Модели оптического излучения. Волновые пучки и волновые пакеты. Монохроматические и квазимонохроматические волны, широкополосное излучение. Фурье-анализ и Фурье-синтез волновых полей. Спектральная плотность мощности. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра.

4.4. Явление интерференции.

Интерференция квазимонохроматического света. Функция видности. Основные интерференционные схемы. Получение интерференционных картин делением волнового фронта (метод Юнга) и делением амплитуды (метод Френеля). Полосы равной толщины и равного наклона. Интерферометр Майкельсона.

4.5. Когерентность волн.

Временная когерентность, время и длина когерентности; спектральное и временное рассмотрение. Взаимосвязь спектра и корреляционной функции. Понятие о Фурье-спектроскопии. Пространственная когерентность. Интерферометр Юнга. Звездный интерферометр Майкельсона. Радиус и степень пространственной когерентности, их оценка для полей тепловых источников и лазеров.

4.6. Многолучевая интерференция.

Суперпозиция многих волн с равными амплитудами. Интерферометр Фабри-Перо. Формула Эйри. Пластинка Люммера-Герке. Стоячие световые волны. Опыты Винера. Применение интерферометров в науке и технике: измерение малых смещений, рефрактометрия. Интерференционные фильтры и зеркала.

4.7. Явление дифракции.

Принцип Гюйгенса-Френеля, его интегральная запись и трактовка. Зоны Френеля. Применение векторных диаграмм для анализа дифракционных картин. Зонные пластинки. Дифракция на круглом отверстии и экране. Принцип Бабинне. Ближняя и дальняя зоны дифракции. Дифракционная длина. Дифракция на краю полубесконечного экрана. Спираль Корню.

4.8. Понятие о теории дифракции Кирхгофа.

Приближение Френеля и приближение Фраунгофера. Пространственное преобразование Фурье. Дифракционная картина в дальней зоне как Фурье-образ

дифракционного объекта. Угловой спектр, связь его ширины с размерами отверстия. Дифракция Фраунгофера на щели, на прямоугольном и круглом отверстиях. Амплитудные и фазовые дифракционные решетки. Дифракция на акустических волнах.

4.9. Дифракция и спектральный анализ.

Спектральный анализ в оптике. Спектроскопия с пространственным разложением спектров. Призменные, дифракционные и интерференционные спектральные приборы и их основные характеристики: аппаратная функция, угловая и линейная дисперсия, разрешающая способность, область дисперсии.

4.10. Дифракция волновых пучков.

Дифракционная теория формирования изображений. Роль дифракции в приборах формирующих изображение: линзе, телескопе, микроскопе. Специальные методы наблюдения фазовых объектов: метод фазового контраста, метод темного поля.

4.11. Дисперсия света.

Микроскопическая картина распространения света в веществе. Классическая электронная теория дисперсии. Зависимости показателей преломления и поглощения от частоты. Фазовая и групповая скорости, их соотношение (формула Рэлея). Нормальная и аномальная дисперсия показателя преломления. Дисперсионное расплывание волновых пакетов. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Особенности распространения света в металлах. Критическая частота. Отражение света поверхностью металла.

4.12. Поляризация света.

Линейно-, циркулярно- и эллиптически- поляризованный свет. Математическое описание состояния поляризации. Поляризация естественного света. Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Формулы Френеля. Поляризация отраженной и преломленной волн. Угол Брюстера. Явление полного внутреннего отражения света и его применение.

4.13. Оптика анизотропных сред.

Распространение световых волн в анизотропных средах. Уравнение волновых нормалей Френеля. Фазовая и лучевая скорости. Одноосные и двухосные кристаллы. Двойное лучепреломление света. Качественный анализ распространения света с помощью построения Гюйгенса. Интерференция поляризованных волн. Поляризационные приборы, четвертьволновые и полуволновые пластинки. Получение и анализ эллиптически поляризованного света. Естественная оптическая активность. Сахарометрия. Анизотропия оптических свойств, индуцированная механической деформацией, электрическим (эффекты Погкельса и Керра), магнитным (эффекты Фарадея и Коттона-Муттона) полями. Эффект Зеемана.

4.14. Рассеяние света.

Молекулярное рассеяние света. Зависимость интенсивности рассеянного света от частоты света (формула Рэлея) и угловая диаграмма рассеяния. Поляризация рассеянного света, его спектральный состав. Спонтанное рассеяние Мандельштама-Бриллюена и комбинационное рассеяние, крыло линии Рэлея. Рассеяние света в мелкодисперсных и мутных средах.

4.15. Классические модели излучения света.

Классическая модель затухающего дипольного осциллятора. Оценка времени

затухания. Лоренцева форма и ширина линии излучения. Естественная ширина линии излучения. Излучение ансамбля статистически независимых осцилляторов. Ударное (столкновительное) и доплеровское уширение спектральной линии. Понятие об однородном и неоднородном уширении.

Тепловое излучение. Излучательная и поглощательная способности вещества и их соотношение. Модель абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана, формула смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса. Ограниченность классической теории излучения. Элементы квантового подхода. Формула Планка.

4.16. Основные представления о квантовой теории излучения света атомами и молекулами.

Модель двухуровневой системы. Взаимодействие двухуровневой системы с излучением: спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Многоуровневые системы. Явление люминесценции: основные закономерности, спектральные и временные характеристики, интерпретация в рамках квантовых представлений. Резонансное усиление света при инверсной заселенности энергетических уровней. Методы создания инверсной заселенности в различных средах.

Лазеры – устройство и принцип работы. Роль оптического резонатора. Условие стационарной генерации (баланс фаз и баланс амплитуд). Продольные и поперечные моды. Спектральный состав излучения лазеров. Синхронизация мод, генерация сверхкоротких импульсов. Энергетические характеристики лазерных систем.

4.17. Нелинейные оптические явления.

Поляризация среды в поле высокоинтенсивного лазерного излучения. Среда с квадратичной нелинейностью. Генерация гармоник, оптическое детектирование. Фазовый синхронизм и его реализация. Среда с кубической нелинейностью. Самофокусировка волновых пучков. Вынужденное комбинационное рассеяние света.

Учебно-методическое обеспечение раздела "Оптика"

1. Основная литература.

1. Г.С. Ландсберг. Оптика. М.: Наука, 1976.
2. А.Н. Матвеев. Оптика. М.: Высшая школа, 1985.
3. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т. 4. Оптика. М.: Наука, 1985.
4. В.Л. Гинзбург, Л.М. Левин, Д.В. Сивухин, Е.С. Четверикова, И.А. Яковлев. Сборник задач по общему курсу физики. Оптика. Под ред. Д.В. Сивухина. М.: Наука, 1977.
5. И.Е. Иродов. Задачи по общей физике. М.: Наука, 1988.

2. Дополнительная литература.

1. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М.: Наука, 1973.
2. С.А. Ахманов, С.Ю. Никитин. Физическая оптика. М.: Изд-во МГУ, 1998.
3. Р. Фейнман и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 3. М.: Мир, 1977.
4. Ф. Крауфорд. Волны. М.: Наука, 1984.

5. М. Руссо, Ж.П. Матъе. Задачи по оптике. М.: Мир, 1976.