

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

---

**им. М.В.Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра общей физики**

**ПЛАН**

**ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛА "ОПТИКА"**

**КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

**(2 курс 2 и 3 потоки)**

**Москва 2024**

## ПЛАН ЛЕКЦИЙ

Лекторы: доц. И. А. Колмычек, проф. Б. И. Манцызов

### Лекции 1, 2

Предмет изучения и разделы оптики. Электромагнитная теория света. Уравнения Максвелла и материальные уравнения. Волновое уравнение. Скорость света. Бегущие электромагнитные волны. Плоские и сферические волны. Гармоническая волна и комплексная форма ее представления. Модели реальных световых волн, модулированные волны - световые пучки и импульсы.

### Лекция 3

Свойства плоских волн. Ориентация и взаимосвязь полевых векторов. Поляризация света. Поток энергии электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Интенсивность света. Энергетика световых пучков и импульсов. Закон изменения энергии электромагнитного поля. Объемная плотность импульса и давление электромагнитной волны.

### Лекция 4

Метод спектрального описания волновых полей. Фурье-анализ и фурье-синтез волновых полей. Преобразования Фурье. Спектральные амплитуда, фаза и плотность. Свойства преобразований Фурье. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра. Теорема Планшереля. Спектральная плотность интенсивности.

### Лекция 5

Классическое описание излучения света. Дипольное излучение осциллятора. Затухающий осциллятор как модель излучающего «атома», время радиационного затухания. Естественная форма и ширина линии излучения. Излучение ансамбля статистически независимых осцилляторов. Ударное и доплеровское уширения спектральной линии. Однородное и неоднородное уширения линии.

### Лекция 6

Интерференция света. Двухволновая интерференция монохроматических волн. Уравнение интерференции и функция видности. Линейная и угловая ширины интерференционных полос. Интерференция квазимонохроматического света. Спектральное описание, время и длина когерентности. Временное описание, функция временной корреляции. Взаимосвязь спектра и функции временной корреляции, понятие о фурье-спектроскопии. Степень временной когерентности и функция видности.

### Лекция 7

Пространственная когерентность. Угол и радиус когерентности. Звездный интерферометр Майкельсона. Функция пространственно-временной корреляции. Степень пространственно-временной когерентности и функция видности.

### Лекция 8

Методы получения интерференционных картин - деление волнового фронта и деление амплитуды, реализации методов. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Многоволновая интерференция. Формулы Эйри. Интерферометр Фабри-Перо и пластинка Люммера-Герке. Интерференционные фильтры и зеркала.

### **Лекция 9**

Дифракция света. Принципы Гюйгенса и Гюйгенса-Френеля. Дифракционный интеграл Френеля. Теорема обратимости Гельмгольца. Принцип дополнительности Бабинне. Метод зон Френеля. Радиус и площадь зоны Френеля. Число Френеля. Метод векторных диаграмм. Зонные пластинки и линза.

### **Лекция 10**

Простейшие дифракционные задачи. Дифракция на круглом отверстии и круглом экране, спираль Френеля. Пятно Пуассона. Дифракция на крае полубесконечных экрана и щели, спираль Корню. Ближняя и дальняя зоны дифракции. Дифракционная длина. Дифракционная расходимость пучка в дальней зоне. Фокусировка света, как дифракционное явление.

### **Лекция 11**

Недостатки принципа Гюйгенса-Френеля. Понятие о теории дифракции Кирхгофа. Дифракционный интеграл Френеля-Кирхгофа. Приближения Френеля и Фраунгофера. Дифракция в дальней зоне как пространственное преобразование Фурье. Угловой спектр пучка. Связь ширины спектра с поперечными размерами пучка.

### **Лекция 12**

Дифракция Фраунгофера на пространственных структурах: прямоугольном отверстии, круглом отверстии и щели. Функция пропускания. Амплитудные и фазовые дифракционные решетки. Распределение интенсивности в дифракционной картине, интерференционная функция. Дифракция на акустических волнах.

### **Лекция 13**

Спектральный анализ световых полей. Спектроскопия с пространственным разложением спектров. Дисперсионные, дифракционные и интерференционные спектральные приборы. Их основные характеристики – аппаратная функция, угловая и линейная дисперсии, разрешающая способность и область дисперсии.

### **Лекция 14**

Преобразование и синтез световых полей. Понятие о дифракционной теории формирования изображений. Роль дифракции в приборах, формирующих изображение: линзе, телескопе и микроскопе. Специальные методы наблюдения фазовых объектов: метод темного поля и метод фазового контраста. Запись и восстановление светового поля. Голография.

### **Лекция 15**

Распространение света в веществе: микроскопическая картина. Поляризуемость среды и молекулы. Дисперсия света. Классическая электронная теория дисперсии. Поглощение света (закон Бугера). Зависимости показателя преломления и коэффициента поглощения от частоты. Дисперсионная формула Зелмеера. Фазовая и групповая скорости. Формула Рэлея. Дисперсионное расплывание волновых пакетов. Дисперсионная длина.

### **Лекция 16**

Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Законы отражения и преломления света. Формулы Френеля. Эффект Брюстера и явление полного внутреннего отражения. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света.

### **Лекция 17**

Распространение света в анизотропных средах. Описание диэлектрических свойств анизотропных сред. Плоские электромагнитные волны в анизотропной среде. Структура световой волны, фазовая и лучевая скорости. Уравнения Френеля для фазовых и лучевых скоростей. Эллипсоид лучевых скоростей и лучевая поверхность. Одноосные и двухосные кристаллы.

### **Лекция 18**

Оптические свойства одноосных кристаллов. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Отрицательные и положительные кристаллы. Построение Гюйгенса. Двойное лучепреломление и поляризация света. Поляризационные приборы, четвертьволновая и полуволновая пластинки. Анизотропия оптических свойств, наведенная механической деформацией, электрическим и магнитным полями.

### **Лекция 19**

Рассеяние света. Излучение элементарного рассеивателя. Индикатриса рассеяния, поляризация рассеянного света и закон Рэлея. Молекулярное рассеяние. Элементы статистической теории рассеяния, формулы Эйнштейна и Рэлея. Основные особенности молекулярного рассеяния. Рассеяние света в мелкодисперсных и мутных средах.

### **Лекция 20**

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

### **Лекция 21**

Основные представления квантовой теории излучения света атомами и молекулами. Квантовые свойства света: фотоэлектрический эффект и эффект Комптона. Квантовые свойства атомов, постулаты Бора. Модель двухуровневой системы. Взаимодействие двухуровневой системы с излучением. Типы радиационных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Взаимодействие при термодинамическом равновесии. Вывод формулы Планка. Многоуровневые системы. Структура энергетических уровней атомов, молекул и твердых тел. Явление люминесценции: основные закономерности, спектральные и временные характеристики, интерпретация в рамках квантовых представлений.

### **Лекция 22**

Резонансное усиление света. Инверсная заселенность энергетических уровней и коэффициент усиления. Получение инверсной заселенности в трехуровневой системе. Ширина линии усиления. Лазеры – устройство и принцип работы. Принципиальная схема лазера. Условия стационарной генерации (баланс фаз и амплитуд). Продольные и поперечные моды. Спектральный состав излучения лазера. Синхронизация мод, генерация сверхкоротких импульсов.

### **Лекция 23**

Нелинейные оптические явления. Поляризация среды в поле высокоинтенсивного лазерного излучения. Среда с квадратичной нелинейностью, оптическое детектирование и генерация второй гармоники. Среда с кубической нелинейностью, самофокусировка волновых пучков и генерация третьей гармоники.

## ПЛАН СЕМИНАРОВ

### **Семинары 1, 2.**

Геометрическая оптика. Отражение и преломление света. Зеркала, линзы и оптические системы. Построение изображений. Схемы оптических приборов. Кардинальные элементы центрированной оптической системы.

### **Семинар 3.**

Уравнения Максвелла и материальные уравнения. Волновое уравнение. Электромагнитные волны и их основные свойства. Комплексная форма представления волны. Плоская и сферическая бегущие волны.

### **Семинар 4.**

Стоячая электромагнитная волна: ориентация и взаимосвязь полевых векторов, узлы и пучности. Перенос энергии в стоячей волне. Стоячая волна в лазере. Плотность потока энергии и объемная плотность импульса электромагнитных волн. Интенсивность и давление света.

### **Семинар 5.**

Поляризация света: линейная, круговая и эллиптическая поляризация. Закон Малюса. Методы получения и анализа поляризованного света. Естественно поляризованный свет.

### **Семинар 6.**

Преобразования Фурье. Спектральные амплитуда и фаза. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра. Спектры и спектральная плотность интенсивности различных сигналов (прямоугольный импульс, затухающий квазигармонический сигнал).

### **Семинар 7.**

Контрольная работа.

### **Семинары 8, 9.**

Двухволновая интерференция. Уравнение интерференции. Схема Юнга. Анализ простейших интерференционных схем (бизеркало и бипризма Френеля, билинза Бийе, зеркало Ллойда).

### **Семинар 10.**

Интерференция квазимонохроматического света на примере схемы Юнга. Функция видности. Длина и время когерентности. Анализ спектральных характеристик источника по интерференционной картине. Временное описание, функция временной корреляции.

### **Семинар 11.**

Интерференция света от протяженных квазимонохроматических источников на примере схемы Юнга. Пространственная когерентность, радиус когерентности. Зависимость видности интерференционной картины от размеров источника.

### **Семинар 12.**

Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона, их локализация. Наблюдение интерференционной картины с помощью плоскопараллельной пластины.

### **Семинар 13.**

Многоволновая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо. Формула Эйри. Пластина Люммера-Герке.

### **Семинар 14.**

Контрольная работа.

### **Семинары 15, 16.**

Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция на круглом отверстии, спираль и зоны Френеля. Дифракция на непрозрачном диске, пятно Пуассона. Зависимость интенсивности на оси симметрии от радиуса круглого отверстия и непрозрачного диска. Зонные пластинки и линза. Ближняя и дальняя зоны дифракции. Дифракционная длина.

### **Семинары 17, 18.**

Дифракционный интеграл Френеля-Кирхгофа. Приближения Френеля и Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на щели, прямоугольном и круглом отверстиях. Функция пропускания. Дифракция в дальней зоне как пространственное преобразование Фурье. Угловой спектр пучка. Связь ширины спектра с поперечными размерами пучка. Амплитудная дифракционная решетка. Распределение интенсивности в дифракционной картине.

### **Семинары 19, 20.**

Основные характеристики дисперсионных, дифракционных и интерференционных спектральных приборов – аппаратная функция, угловая и линейная дисперсии, разрешающая способность и область дисперсии.

### **Семинар 21.**

Контрольная работа.

### **Семинар 22.**

Дисперсия света. Классическая электронная теория дисперсии. Поглощение света (закон Бугера). Зависимости показателя преломления и коэффициента поглощения от частоты. Фазовая и групповая скорости. Формула Рэлея.

### **Семинар 23.**

Оптические явления на границе раздела изотропных диэлектриков. Законы отражения и преломления света. Формулы Френеля. Эффект Брюстера и явление полного внутреннего отражения. Энергетические соотношения при преломлении и отражении света.

### **Семинары 24, 25.**

Распространение света в анизотропных средах. Структура световой волны, фазовая и лучевая скорости. Эллипсоид лучевых скоростей и лучевая поверхность. Оптические свойства одноосных кристаллов. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Построение Гюйгенса.

### **Семинары 26, 27.**

Двойное лучепреломление и поляризация света. Интерференция поляризованного света. Поляризационные приборы, четвертьволновая и полуволновая пластинки. Получение и анализ эллиптически поляризованного света.

### **Семинар 28.**

Контрольная работа.

## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 4. ОПТИКА. 3-е изд. М. "Физматлит". 2005.
2. Алешкевич В.А. ОПТИКА. М. "Физматлит". 2010.
3. Матвеев А.Н. ОПТИКА. М. "Высшая школа". 1985.
4. Ландсберг Г.С. ОПТИКА. 5-е изд., М., "Наука". 1976.
5. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. ФИЗИЧЕСКАЯ ОПТИКА. М. МГУ, 1998.

### *Дополнительная*

1. Борн М., Вольф В. ОСНОВЫ ОПТИКИ. М.. "Наука". 1970.
2. Крауфорд Ф. ВОЛНЫ. 3-е изд. М. "Наука". 1984.
3. Калитеевский Н.И. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА. М. «Высшая школа». 1978.

### *Задачники*

1. Быков А.В., Митин И.В., Салецкий А.М. Оптика. Методика решения задач. М. Физический факультет МГУ. 2010.
2. Сборник задач по общему курсу физики. Оптика (под ред. Д.В.Сивухина). 4-е изд. М. "Наука". 1977.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. 2-е изд. М. "Наука". 1988.