

# "Интерференция"

## Содержание

Теория . . . . .	2
0.0.1 Общие положения. Опыт Юнга. . . . .	2
0.0.2 Условия максимума и минимума интерферен- ционной картины . . . . .	3
0.0.3 Кольца Ньютона . . . . .	4
0.0.4 Распределение интенсивности при интерферен- ции . . . . .	5
0.0.5 Интерференция в тонких пленках . . . . .	5
0.0.6 Интерферометр Майкельсона . . . . .	6
Домашнее задание 2 . . . . .	7

## Вопросы семинара

- Общие положения. Опыт Юнга
- Условия максимума и минимума интерференции.
- Кольца Ньютона
- Распределение интенсивности при интерференции
- Интерференция в тонких пленках
- Интерферометр Майкельсона

## Теория

### 0.0.1 Общие положения. Опыт Юнга.

**Интерференция** - явление, возникающее при сложении двух волн, вследствие которого наблюдается усиление или ослабление результирующих колебаний в различных точках пространства. Для образования устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы источники волн имели одинаковую частоту и постоянную разность фаз их колебаний. Такие волны называются **когерентными**.

**Принцип Гюйгенса:**каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения, порождающего вторичные сферические волны, а результирующее световое поле в каждой точке пространства будет определяться интерференцией этих волн.

Согласованное протекание волновых или колебательных процессов в направлении распространения волны называют **временной когерентностью**, а в направлении перпендикулярном направлению распространения волны называют **пространственной когерентностью**.

Исторически первым интерференционным опытом, получившим объяснение на основе волновой теории света, явился **опыт Юнга** (рис. 1). В опыте Юнга свет от источника, в качестве которого служила узкая щель  $S$ , падал на экран с двумя близко расположенными щелями  $S_1$  и  $S_2$ . Проходя через каждую из щелей, световой пучок уширялся вследствие дифракции, поэтому на белом экране Э световые пучки, прошедшие через щели  $S_1$  и  $S_2$ , перекрывались.

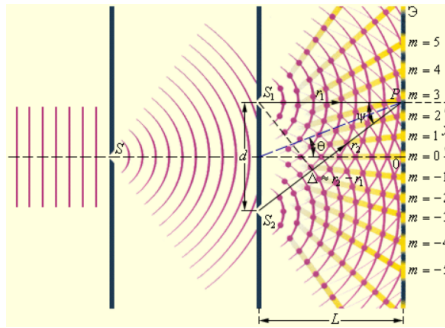


Рис. 1. Опыт Юнга

## 0.0.2 Условия максимума и минимума интерференционной картины

**Условие максимума интерференционной картины:**

$$d \sin \theta = m \lambda \quad (1)$$

где  $\theta$  - угловое положение полос относительно центра,  $d$  - расстояние между щелями,  $\lambda$  - длина волны света,  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

**Условие минимума интерференционной картины:**

$$d \sin \theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda \quad (2)$$

**Разность хода волн:**

$$\Delta = d \sin \theta \quad (3)$$

В случае малых углов ( $\sin \theta \approx \theta$ ):  $\Delta \approx \theta$

Для случая малых углов найдём расстояние до светлых и тёмных полос от центра экрана.

**Расстояние до светлых полос (от центра экрана):**

$$y = L \frac{m\lambda}{d} \quad (4)$$

где  $L$  - расстояние между экраном и барьером между щелями

**Расстояние до темных полос (от центра экрана):**

$$y = L \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{d} \quad (5)$$

### 0.0.3 Кольца Ньютона

При отражении света от двух границ воздушного зазора между выпуклой поверхностью линзы и плоской пластиной возникают интерференционные кольца – **кольца Ньютона** (рис. 2). Радиус  $m$ -го темного кольца равен:

$$r_m = \sqrt{m\lambda R} \quad (6)$$

где  $m$  - номер кольца,  $R$  - радиус кривизны линзы.

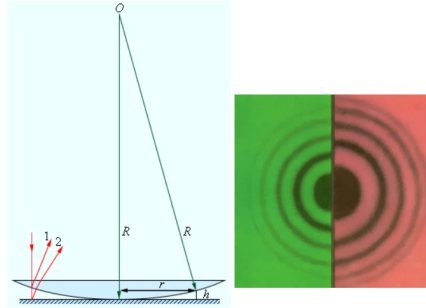


Рис. 2. Кольца Ньютона

#### 0.0.4 Распределение интенсивности при интерференции

Все приборы, регистрирующие оптическое излучение, (глаз, фотопленка и т.д.) реагируют на квадрат амплитуды электрического поля в волне. Эта физическая величина называется **интенсивностью**.

**Распределение интенсивности при интерференции:**

$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}\right) \quad (7)$$

где  $I_0$  - максимум интенсивности на экране.

#### 0.0.5 Интерференция в тонких пленках

Для тонких пленок их толщину можно определить по интерференционной картине, на них получаемой.

**Толщина тонкой пленки для максимумов интерференции:**

$$t = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2n} \quad (8)$$

**Толщина тонкой пленки для минимумов интерференции:**

$$t = \frac{m\lambda}{2n} \quad (9)$$

где  $n$  - показатель преломления пленки.

### 0.0.6 Интерферометр Майкельсона

В общем случае, **интерферометр Майкельсона** (рис. 3) использует интерференцию волн для точных измерений. Это возможно благодаря разделению световой волны на две части. Затем эти две волны проходят разные расстояния с разным временем прохождения. Это приводит к сдвигу фаз, и обе волны интерферируют друг с другом, когда они снова встречаются.

Измеряются все свойства, которые изменяют длину пути волн и, следовательно, свойства результирующей волны. Это, например, изменение длины одного из двух путей луча для измерения длины или изменение показателя преломления для определения свойств материала. Вы регистрируете полученную наложенную волну с помощью какого-либо экрана или электронного детектора.

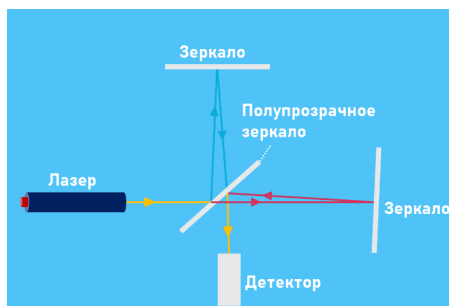


Рис. 3. Принцип работы интерферометра Майкельсона

## Домашнее задание 2

1.

Две щели находятся на расстоянии 0.32 мм. Луч света с длиной волны 500 нм падает на щели, создавая интерференционную картину. Определить количество максимумов, наблюдаемых в диапазоне углов  $-30^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ .

2.

Две щели разнесены на расстояние 0.18 мм. Интерференционная картина формируется на экране на расстоянии 80 см светом с длиной волны 656.3 нм. Рассчитайте долю максимальной интенсивности на расстоянии 0,6 см от центрального максимума.

3.

Мыльный пузырь ( $n = 1.33$ ), плавающий в воздухе, имеет форму сферической оболочки с толщиной стенки 120 нм. Чему равна длина волны видимого света, который будет наиболее сильно отражаться от пузыря? Найдите две наименьшие толщины пленки пузыря (более 120 нм), которые будут производить сильно отраженный свет той же длины волны.

4.

Одно плечо интерферометра Майкельсона содержит вакуумированный цилиндр длиной  $L$  со стеклянными пластинами на каждом конце. В баллон медленно нагнетают газ, пока не будет достигнуто давление 1 атм. Если при этом при использовании света с длиной волны  $\lambda$  на экране появляется  $N$  ярких

полос, то каков показатель преломления газа? Смещение полос происходит из-за изменения длины волны света внутри заполненной газом трубки.