

Рис. 4

Максимально возможное число интерференционных полос будет наблюдаться на экране в тот момент, когда экран расположен в области максимального перекрытия пучков, как это и изображено на рисунке 4. Из геометрических соображений следует, что

$$L = \frac{(D - a)}{4tg \alpha} \approx \frac{(D - a)F}{2a} = 1 \text{ м.}$$

Тогда максимальное число интерференционных полос равно

$$N_{\text{max}} = \frac{(D - a)a}{2\lambda F} = 200.$$

Поскольку интерференционная картина симметрична относительно горизонтальной оси, то крайние интерференционные полосы будут иметь максимальный порядок интерференции  $m_{\text{max}} = N_{\text{max}}/2 = 100$ .

Если источник света S квазимонохроматический, то мы будем отчетливо наблюдать на экране все интерференционные полосы. Но если источник света не монохроматический и его спектральный состав включает в себя длины волн в интервале от  $\lambda$  до  $\lambda + \Delta\lambda$ , то это приводит к ограничению количества наблюдаемых полос. Попробуем разобраться, какое влияние оказывает на интерференционную картину некогерентность интерферирующих пучков света.

Мы знаем, что ширина интерференционных полос пропорциональна длине волны интерферирующих лучей. Следовательно, в случае света, состоящего из набора различных длин волн от  $\lambda$  до  $\lambda + \Delta\lambda$ , мы будем иметь наложение интерференционных картин с разными ширинами интерференционных полос. На рисунке 5 изображено распределение интенсивности в интерференционной картине

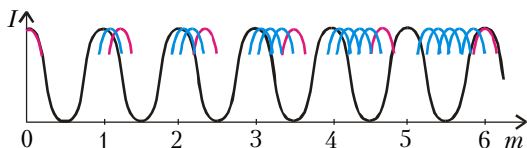


Рис. 5

от нулевого максимума до максимума  $m$ -го порядка (в нашем случае  $m = 6$ ). Черным цветом нарисовано распределение интенсивности для длины волны  $\lambda$ , а красным цветом показаны положения максимумов для длины волны  $\lambda + \Delta\lambda$ . По мере увеличения  $m$  максимум для  $\lambda + \Delta\lambda$  все больше отходит от максимума для  $\lambda$ , и, наконец, при некотором  $m$  максимум интенсивности

$m$ -го порядка для длины волны  $\lambda + \Delta\lambda$  совпадает с максимумом  $(m + 1)$ -го порядка для длины волны  $\lambda$ . Учитывая, что между этими максимумами расположены максимумы других длин волн (от  $\lambda$  до  $\lambda + \Delta\lambda$ ), очевидно, что при данном  $m$  интерференционная картина будет полностью размыта. То значение  $m$ , при котором интерференционная картина пропадает, можно найти из условия

$$m(\lambda + \Delta\lambda) = (m + 1)\lambda,$$

откуда

$$m = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}.$$

Это означает, что, если мы хотим наблюдать интерференционные полосы вплоть до  $m$ -го порядка, степень некогерентности должна быть не хуже чем  $\lambda/m$ . Допустимая некогерентность источника света в нашей задаче составляет

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{m_{\text{max}}} = 5 \text{ нм.}$$

К вопросу о влиянии некогерентности излучения на интерференционную картину можно подойти с другой стороны. Идеальных гармонических колебаний, которые длятся бесконечно долго, в природе не существует. В реальных колебательных системах время рождения фотонов мало, но оно конечно. Например, время излучения фотона возбужденным атомом составляет примерно  $10^{-8}$  с. Тогда длина излучаемого цуга (участка гармонических колебаний) составляет 3 м. В радиофизике устанавливается связь между временем излучения цуга  $\tau$  и степенью некогерентности такого излучения  $\Delta\lambda$ :

$$\tau \cdot \frac{c\Delta\lambda}{\lambda^2} \sim 1,$$

где  $\lambda$  — средняя длина волны. Второй множитель есть не что иное как разброс по частоте:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}, \quad \Delta\nu = -\frac{c\Delta\lambda}{\lambda^2}.$$

Следовательно, если степень некогерентности света  $\Delta\lambda$ , то длина цуга  $l = \tau c = \lambda^2/\Delta\lambda$ . Рассмотрим

максимум интерференционной картины  $m$ -го порядка. Он образован двумя идентичными путями, расстояние между которыми равно  $m\lambda$ . Если это расстояние больше или равно длине цуга (в этом случае цуги не перекрываются), то интерференции нет, а имеет место простое сложение интенсивностей обоих цугов. Приравняв разность хода и длину цуга, получим

$$m_{\text{max}}\lambda = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}, \quad \text{и} \quad m_{\text{max}} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}.$$

Наблюдаемый максимальный интерференционный порядок в интерференционной картине позволяет оценить длину цуга:  $l = \tau c = m_{\text{max}}\lambda$ .

### Упражнения

1. Катод вакуумного фотоэлемента облучается световым пучком с длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм и мощностью  $W = 1$  Вт. При больших ускоряющих напряжениях между катодом и анодом фототок достигает насыщения (все электроны, выбитые с поверхности катода в единицу времени, достигают анода). При этом ток насыщения равен  $I_{\text{н}} = 4$  мА. Какое количество  $n$  фотонов приходится на один фотоэлектрон? Заряд электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, постоянная Планка  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж · с.

2. Найдите изменение длины волны света, излучаемого неподвижным атомом водорода вследствие отдачи, которую испытывает ядро атома со стороны вылетевшего кванта света. *Указание:* учесть, что энергия ионизации атома водорода много меньше энергии покоя протона.

3. Источник света S расположен на расстоянии  $L = 1$  м от тонкой слюдяной пластинки толщиной  $H = 0,1$  мм с показателем преломления  $n = 1,4$  (рис.6). На таком же расстоянии от пластинки расположен небольшой экран Э, ориентированный перпендикулярно отраженным

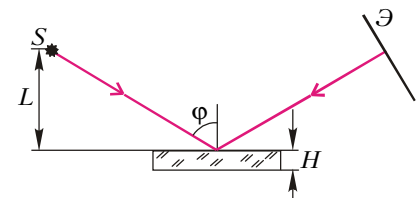


Рис. 6

лучам, на котором наблюдаются интерференционные полосы. Угол  $\phi = 60^\circ$ . Найдите порядок  $m$  интерференционной полосы в центре экрана и ширину интерференционных полос. Оцените также допустимую некогерентность источника. Используется зеленый свет с длиной волны  $\lambda = 560$  нм.