

# Лабораторная работа № 4.2.4 "Интерферометр Майкельсона"

Шевцов Кирилл

3 февраля 2026 г.

## 1 Явление интерференции света

Рассмотрим две волны (монохроматические), имеющие одну частоту и амплитуды  $a_1$  и  $a_2$ . Пусть в некоторой точке они имеют фазы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . В силу принципа суперпозиции результирующее колебание в некоторой точке будет равна сумме колебаний, которое задает каждая волна по отдельности. Если направление волны интерпретировать как вектор, длина которого равна амплитуде этой волны, то амплитуду результирующего колебания можно найти с помощью теоремы косинусов:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\varphi) \quad (1)$$

Где введены обозначения:  $I_1 = a_1^2$ ,  $I_2 = a_2^2$ ,  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ .

Для двух одинаковых волн формула приобретает вид:

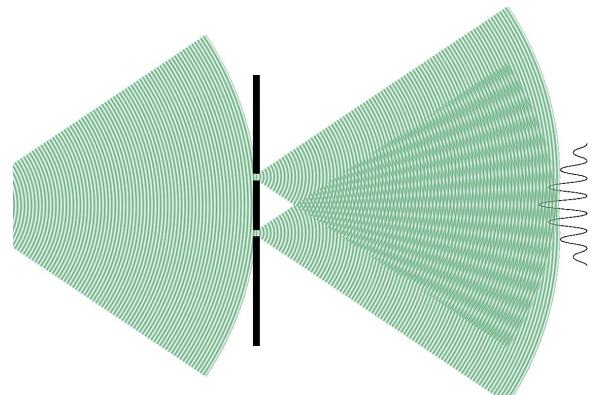


Рис. 1: Интерференция света

$$I = 2I_0 (1 + \cos(\Delta\varphi)) \quad (2)$$

Из формул видно, что если косинус угла  $\Delta\varphi$  положительный, то результирующая интенсивность больше суммы интенсивностей слагаемых волн, если отрицательный - то меньше. В первом случае говорят, что слагаемые волны друг друга усиливают, во втором - ослабляют. Это явление называется явлением интерференции. В интерферометре волна от одного источника проходит путь до экрана по двум разным путям  $z_1$ ,  $z_2$ , тогда изменение фазы:

$$\Delta\varphi = \frac{\omega}{c} (n_2 z_2 - n_1 z_1) = \frac{\omega}{c} \Delta \quad (3)$$

Величина  $\Delta$  называется оптической разностью хода. Функция косинуса принимает максимальное значение при условии:

$$\Delta \frac{\omega}{c} = 2\pi m \Rightarrow \Delta = cTm = \lambda m, \quad \lambda = cT = \frac{2\pi c}{\omega} \quad (4)$$

и минимальное при условии:

$$\Delta \frac{\omega}{c} = \pi(2m+1) \Rightarrow \Delta = \frac{\lambda}{2}(2m+1), \quad \lambda = cT = \frac{2\pi c}{\omega} \quad (5)$$

Отсюда получаем *условие интерференционного максимума*: максимум интерференционной картины наблюдается в том случае, если оптическая разность хода равна целому числу волн. И *условие интерференционного минимума*: минимум интерференционной картины наблюдается, если оптическая разность хода равна полу-целому числу длин волн (нечетному числу длин полуволн).

## 2 Интерферометр Майкельсона

Интерферометр Майкельсона - это устройство, состоящее из системы двух линз и двух зеркал: волна, излучаемая источником, разделяется на два раздельных пучка с помощью полупрозрачного зеркала, и с помощью системы двух зеркал, расположенных на пути преломленного и отраженного луча, а затем собранные с помощью полупрозрачного зеркала пучки попадают на экран - детектор, который помогает регистрировать картину интерференции. Линзами, стоящими на пути хода пучков, можно сделать картину интерференции более четкой. Если положить  $n_1 = n_2 = 1$ , то:  $r_2 - r_1 = \text{const}$  (следует из условий минимума и максимума

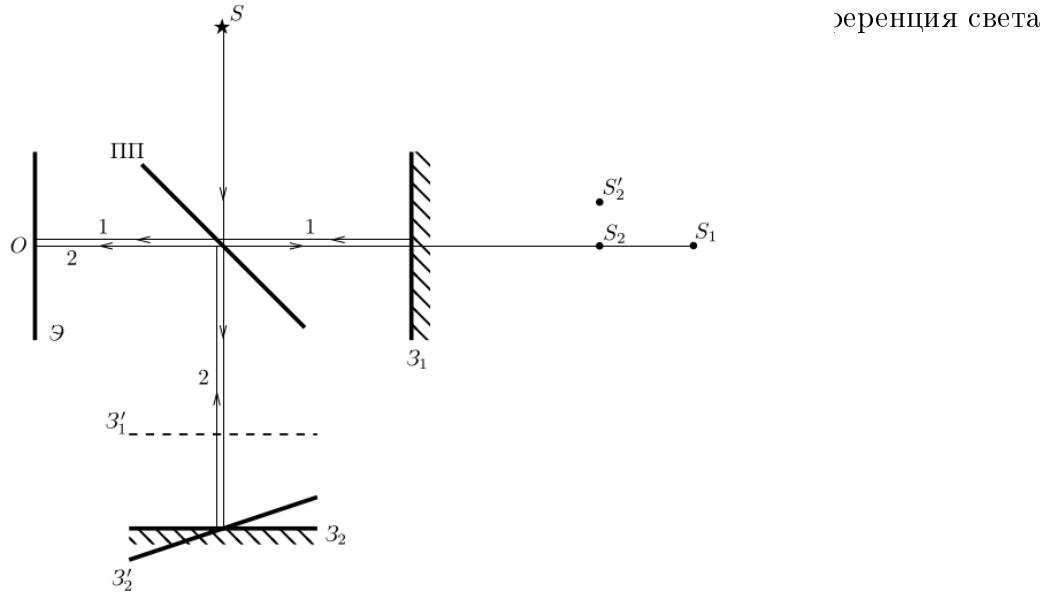
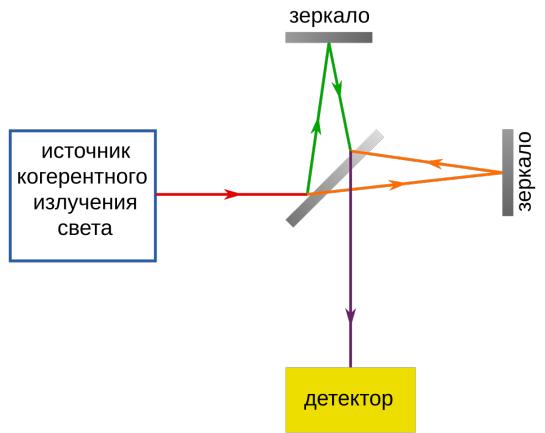


Рис. 3: Интерферометр Майкельсона

интерференции). В таком случае, если  $a$  - это расстояние между изображениями источника,  $L$  - расстояние между изображением  $S_1$  и экраном, то:

$$\Delta(r) = r_2 - r_1 = \sqrt{L^2 + r_n^2} + \sqrt{(L-a)^2 + r_n^2} \approx a - \frac{ar_n^2}{2L(L-a)} = \text{const} \quad (6)$$

В центре кольца:  $r = 0$ ,  $C = \lambda m_0 = a$  - нулевой порядок интерференции. Тогда:

$$a - C = \frac{ar_n^2}{2L(L-a)} = \lambda n \Rightarrow r_n^2 = \frac{2nL(L-a)}{m_0} \quad (7)$$

Эта формула имеет применение в этой работе для измерения длины волны гелий - неонового лазера. При небольшом смещении второго зеркала относительно падающего пучка на малый угол  $\delta$  на экране будут видны вертикальные полосы. Причем соседние полосы являются равноотстоящими.

### 3 Экспериментальная установка

Лабораторная установка состоит из интерферометра Майкельсона, две линзы Л1 и Л2 помогают усилить интерференционную картину. Луч света от источника преломляется через треугольную призму П, проходит через стеклянный куб, разделяясь на два пучка, которые с помощью плеч интерференционной схемы могут при правильном совмещении попасть на экран, образуя картинку интерференции.

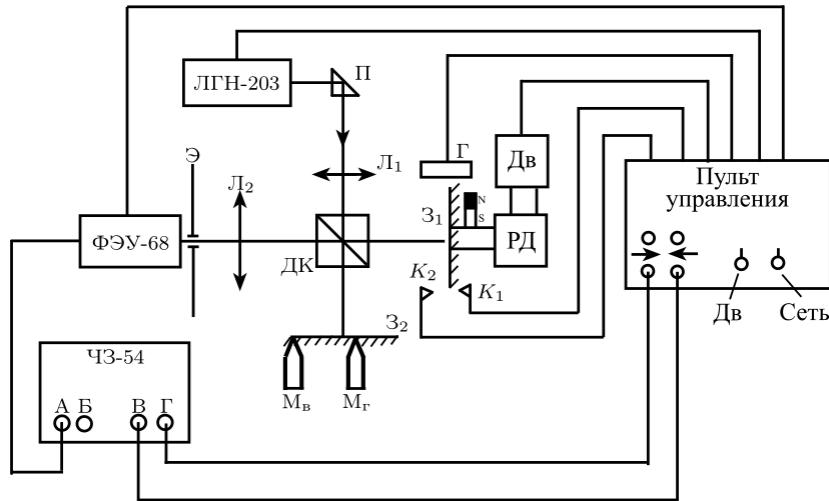


Рис. 4: Экспериментальная установка

Установка имеет подвижное зеркало  $Z_1$ , соединенное с шаговым механизмом. При изменении положения зеркала  $Z_1$  интерференционная картина сменяется минимумом или максимумом. Частотометр ЧЗ-54 может работать в режиме счетчика, который будет фиксировать смену максимума и минимума картинки интерференции. Для расчетов учтем, что полное перемещение подвижного зеркала составляет  $l = 32$  мм. Зеркало  $Z_2$  не может перемещаться, но может быть наклонено под некоторым углом по отношению к лучу. Для регистрации изменения интенсивности света используется фотоэлектронный умножитель, расположенный за экраном, световой пучок попадает на ФЭУ через небольшое отверстие в экране.