

Зеркало Ллойда

Цель работы: изучить явление двухлучевой интерференции.

Решаемые задачи:

- приобрести навыки юстировки оптической схемы «Зеркало Ллойда» и пронаблюдать интерференционную картину;
- пронаблюдать изменение ширины интерференционных полос в зависимости от расстояния между источником и поверхностью зеркала;
- определить расстояние между когерентными источниками;
- определить длину световой волны монохроматического источника.

Оптические элементы и аппаратура (рис.1):

- ✓ He-Ne лазер (1);
- ✓ «Зеркало Ллойда» (3);
- ✓ линза с фокусным расстоянием +5 мм (2);
- ✓ линза с фокусным расстоянием +200 мм (5);
- ✓ оптическая скамья (8);
- ✓ рейтеры (9);
- ✓ экран (4);
- ✓ измерительная линейка (6).



Рис.1. Общий вид установки для наблюдения интерференции с помощью схемы «Зеркало Ллойда»

В оптической схеме с зеркалом Ллойда когерентные волны создаются методом деления волнового фронта.

Плоская волна от лазера 1 фокусируется короткофокусной линзой 2 в точку А (см. рис.1 и схему на рис.2) и далее превращается в расходящийся пучок света. Часть волнового фронта непосредственно попадает на экран. Другая часть волнового фронта попадает на экран после отражения в плоском зеркале (3 на рис.1 и R на рис.2) Этот световой пучок как бы излучается мнимым источником А'. Поскольку две волны, падающие на

экран, когерентны, то в той области, где они перекрываются, возникает интерференционная картина.

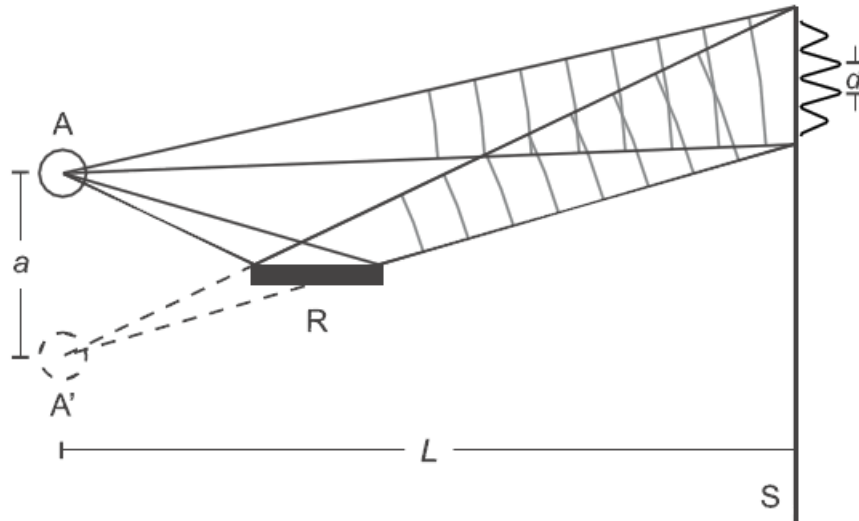


Рис.2 Оптическая схема для наблюдения интерференции с зеркалом Ллойда

Ширина интерференционной картины d равна:

$$d = \frac{\lambda}{\varphi} = \frac{\lambda L}{a}, \quad (1)$$

где φ - угол между направлениями распространения волн, a – расстояние между когерентными источниками, L – расстояние от источника до экрана, λ - длина световой волны (рис.2).

Расстояние a между когерентными источниками S'_1 и S'_2 (рис.3) можно определить следующим образом.

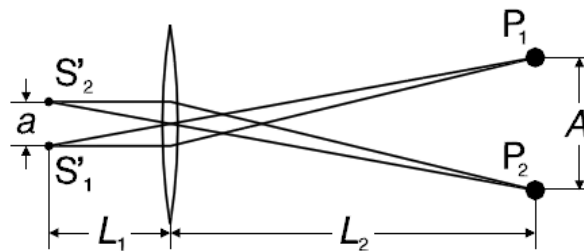


Рис.3. К способу определения расстояния между когерентными источниками.

Если получить на удаленном экране с помощью линзы изображения этих источников P_1 и P_2 , то расстояния a , A , L_1 и L_2 связаны соотношением:

$$\frac{a}{A} = \frac{L_1}{L_2},$$

откуда искомое расстояние равно:

$$a = A \frac{L_1}{L_2}. \quad (2)$$

Порядок выполнения работы:

Упражнение 1. Юстировки оптической схемы «Зеркало Ллойда» и наблюдение интерференционной картины.

Соберите установку, фотография которой приведена на рис.1.

1. Лазер 1 установите на левом краю оптической скамьи. Направьте лазерный луч вдоль оптической скамьи. Измерьте его высоту над оптической скамьей (обозначим ее через Z).
2. На расстоянии ~ 12 см от лазера, установите короткофокусную линзу 2 (указанные расстояния отсчитываются от левых краев рейтеров, на которых закреплены элементы). Световой пучок сначала фокусируется в непосредственной близости линзы, создавая источник А (рис.2), а затем становится расходящимся. Перемещая линзу вверх-вниз, добейтесь, чтобы центр расходящегося пучка располагался на высоте Z .
3. На расстоянии 8 см от линзы закрепите зеркало Ллойда 3. В этом упражнении рабочим является левое зеркало (3_1 на рис.4). Правое зеркало 3_2 должно быть максимально углублено в оправу, путем вращения винта 1, расположенного на задней поверхности устройства.

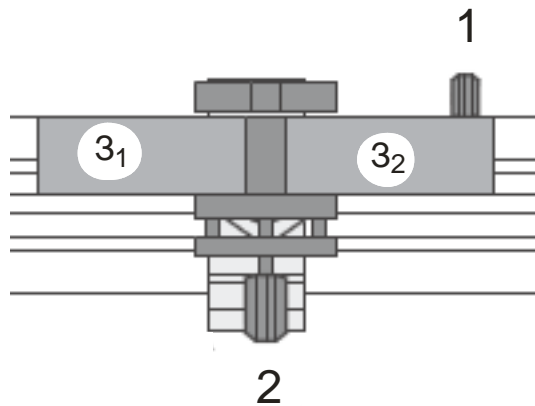


Рис.4. Зеркало Ллойда

4. Зеркало Ллойда можно перемещать перпендикулярно оптической скамье с помощью винта 2, расположенного перед зеркалом. Вращая его, постарайтесь, установить зеркало так, чтобы часть пучка скользила по его поверхности, а другая часть свободно распространялась вдоль оптической скамьи.
5. Установите экран 4 на правом краю оптической скамьи.
6. Плавно перемещая зеркало Ллойда перпендикулярно оптической скамье с помощью винта 2 (рис.4), наблюдайте возникновение вертикальных интерференционных полос на белой бумаге, прижатой к экрану.

Упражнение 2. Определение расстояния между когерентными источниками.

1. Получите на экране интерференционную картину с шириной полосы около 1 мм.
2. Уберите экран, установите на оптической скамье линзу 5 с фокусным расстоянием +200 мм (рис.1).
3. Смещая линзу вдоль оптической скамьи, получите на удаленном на 1,5 – 2 м экране изображения двух точек (это изображения двух когерентных источников).
4. Измерьте расстояние между ними A , расстояние от линзы до экрана L_2 и до короткофокусной линзы 2 – L_1 .
5. По формуле (2) определите a .

Упражнение 3. Определение длины волны лазерного излучения.

1. Уберите линзу 5 с фокусным расстоянием +200 мм. Установите экран 4 на конце оптической скамьи.
2. Приложите лист белой бумаги к экрану и зарисуйте 5 – 10 интерференционных полос. Используя полученный рисунок, определите ширину интерференционной полосы d .
3. Измерьте расстояние L между короткофокусной линзой 2 и экраном.
4. Определите из соотношения (1) длину волны λ лазерного излучения.
5. Оцените ошибку определения этой величины.

Вопросы к обсуждению с преподавателем.

1. Интерференция монохроматического света. Расчет интерференционной картины при двухлучевой интерференции (оптический путь, оптическая разность хода, условия образования максимумов и минимумов, ширина интерференционной полосы).
2. Когерентные источники, способы их получения (метод деления амплитуды и метод деления волнового фронта).
3. Схема наблюдения интерференции с помощью зеркала Ллойда.
4. Объяснить назначение всех оптических элементов, используемых в установке, описать порядок юстировки оптической схемы.
5. Вывести рабочие формулы.
6. Объяснить, почему изменяется ширина интерференционной картины в зависимости от положения зеркала.

Рекомендуемая литература.

1. Ландсберг Г.С. Оптика, Изд.6, М., Физматлит, 2006. §16.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т.4. Оптика. Изд.3. М., Физматлит, 2005. §27.