

Бипризма Френеля

Цель работы: изучить явление двухлучевой интерференции.

Решаемые задачи:

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

Оптические элементы и аппаратура (рис.1):

- ✓ Не-Ne лазер (1);
- ✓ Бипризма Френеля (3);
- ✓ линза с фокусным расстоянием +5 мм (2);
- ✓ линза с фокусным расстоянием +200 мм (7);
- ✓ оптическая скамья (5);
- ✓ рейтеры (6);
- ✓ экран (4)
- ✓ измерительная линейка или рулетка.

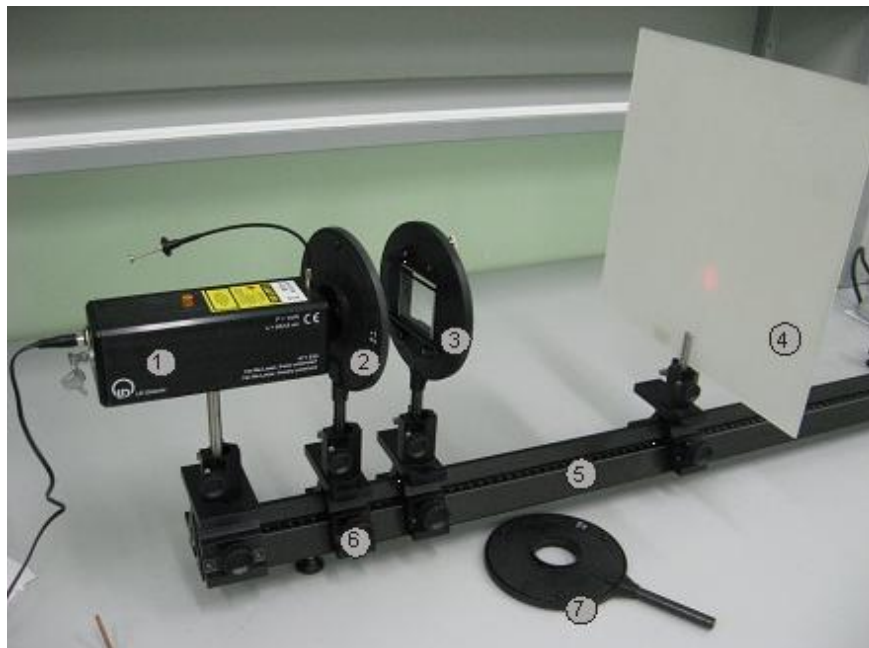


Рис.1. Общий вид установки для наблюдения интерференции с помощью бипризмы Френеля.

В оптической схеме с бипризмой Френеля 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 попадает на экран через верхнюю половину бипризмы, а другая часть волнового фронта – через нижнюю.

Образуется два мнимых когерентных источника A_1 и A_2 (рис.2). В области пересечения расходящихся пучков от этих источников возникает интерференция. Ее можно наблюдать на экране в виде чередующихся светлых и темных полос.

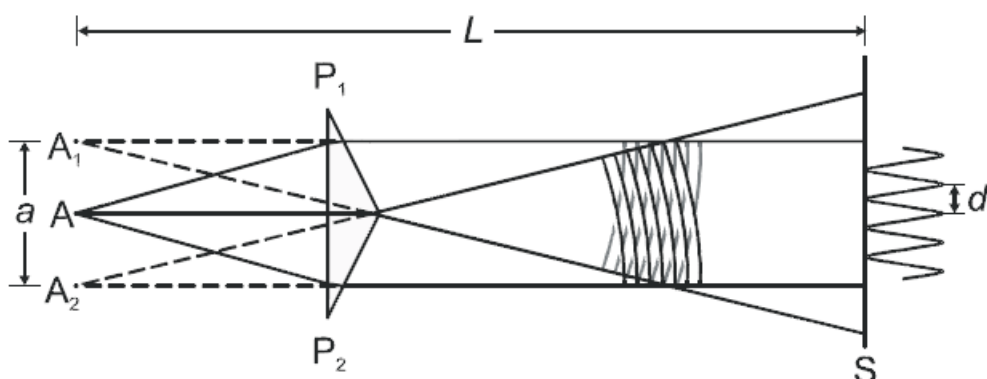


Рис.2 Оптическая схема для наблюдения интерференции с помощью бипризмы Френеля.

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.

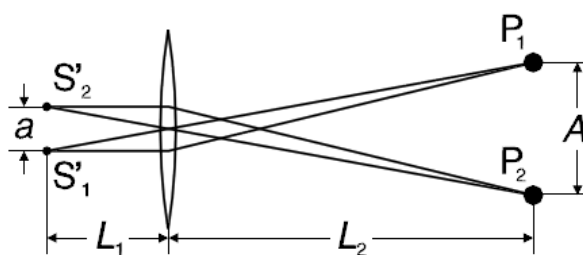


Рис.3. К способу определения расстояния между когерентными источниками.

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 «Бипризмы Френеля» 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 7 см от линзы закрепите бипризму Френеля. Ребро бипризмы должно быть посередине светового пучка.
4. Установите экран 4 на правом краю оптической скамьи.
5. Пронаблюдайте интерференционные полосы. Слегка перемещая бипризму вдоль оптической скамьи, наблюдайте изменения ширины интерференционных полос.

Упражнение 2. Определение расстояния между когерентными источниками.

1. Установите бипризму на расстоянии 7 см от линзы и получите на экране интерференционную картину.
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_2 (рис.3).
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 несколько интерференционных полос. Используя полученный рисунок, определите ширину интерференционной полосы d .
3. Измерьте расстояние L между короткофокусной линзой 2 и экраном (рис.2).
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 интерференционной картины с помощью бипризмы Френеля. Объяснить назначение всех оптических элементов, используемых в установке, описать порядок юстировки оптической схемы.
4. Вывести рабочие формулы.
5. Объяснить, почему изменяется ширина интерференционной картины в зависимости от расстояния между короткофокусной линзой и бипризмой.

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.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Изд.10, М., Физматлит, 2008. §121.
4. Бутиков Е.И. Оптика. Изд.2, С-Пб., Невский диалект, 2003. §5.1, §5.2