

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 76 ВИЗНАЧЕННЯ РАДІУСА КРИВИЗНИ ЛІНЗИ ЗА ДОПОМОГОЮ КІЛЕЦЬ НЬЮТОНА

Мета роботи: Вивчення законів інтерференції світла, смуг рівної товщини.

Прилади і матеріали: Лабораторна установка для визначення радіуса кривизни лінзи.

Теоретичні відомості

При накладенні когерентних світлових хвиль відбувається перерозподіл світлового потоку в просторі, у результаті чого в одних місцях виникають максимуми, а в інших – мінімуми інтенсивності. Це явище називається інтерференцією. Інтерференцію в тонких плівках поділяють на: смуги рівного нахилу (інтерференція від плоскопаралельної пластини) і смуги рівного нахилу (інтерференція від пластини перемінної товщини). Класичним прикладом смуг рівної товщини є кільця Ньютона. Вони спостерігаються при відбитті світла від стичних одна з одною плоскопаралельною товстою скляною пластинкою і плоскоопуклою лінзою з великим радіусом кривизни.

Для спостереження інтерференції світла основною умовою є когерентність джерел. Когерентними джерелами називаються джерела, що мають однакову частоту і постійну різницю фаз. Практично когерентність при спостереженні інтерференції світла досягається тим, що промені від джерела тим чи іншим способом роздвоюються. Наприклад, у нашій установці роздвоєння відбувається за рахунок відбиття світла від внутрішньої поверхні лінзи і від зовнішньої поверхні пластинки. Світловий потік від джерела попадає на пластинку Д, поставлену під кутом 45° до вертикалі (рис. 1). Від пластинки Д світловий потік відбивається і попадає на плоскоопуклу лінзу, що лежить на плоскопаралельній пластинці. Частина світлового потоку відбивається в точці А, а інша частина проходить у повітряний зазор, відбивається від пластинки в точці В й інтерферує з першою частиною світлового потоку в точці А.

Таким чином, у точці А інтерферують два світлових потоки з оптичною різницею ходу.

$$\Delta z = 2d + \frac{\lambda}{2}$$

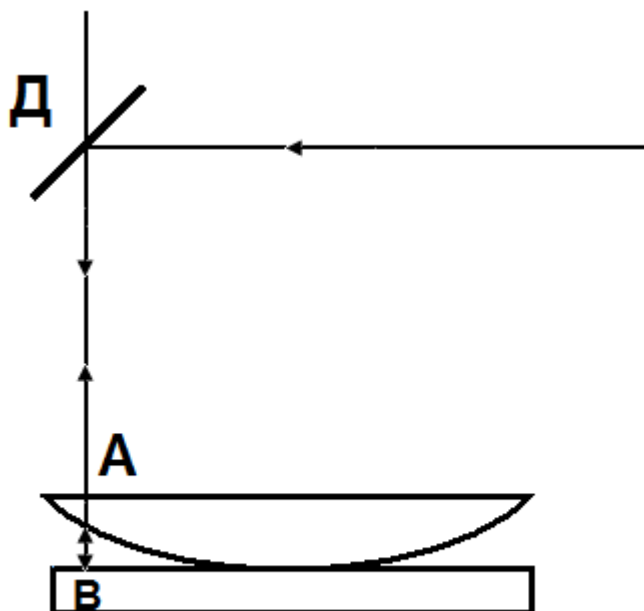


Рис. 1

Тут d – товщина повітряного зазору $d = AB$, а λ – довжина хвилі світла. Таке значення для Δz виходить тому, що друга частина світлового потоку двічі пройшла повітряний зазор і відбилася від більш оптично щільного середовища в точці В. Як відомо, при відбитті від більш оптично щільного середовища до різниці ходу треба додати $\lambda/2$.

Розглянемо рисунок 2. Якщо R – радіус лінзи, r – відстань від осі лінзи до точки інтерференції, d – товщина повітряного зазору, то можна написати

чи $R^2 = r^2 + R^2 - 2Rd + d^2$, але тому що d^2 мала величина в порівнянні з R , то

$$2d = \frac{r^2}{R},$$

й остаточно

$$\Delta z = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$$

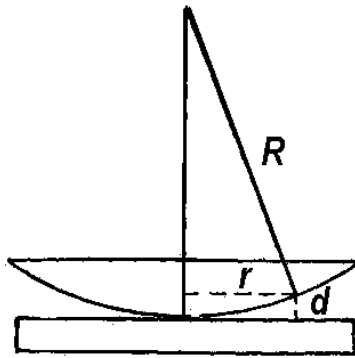


Рис. 2

Якщо на оптичній різниці ходу Δz буде укладатися парна кількість $\lambda/2$, то точка А буде світлою, якщо ж непарне число $\lambda/2$, то темною. Спостерігаючи інтерференційну картину у відбитому світлі, ми будемо бачити світлі і темні кільця. Кільця виникають унаслідок симетрії точок А щодо осі лінзи. Для темних кілець: $\frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$, звідки $\frac{r^2}{R} = 2k\frac{\lambda}{2} = k\lambda$, і так,

$$r_k^2 = k \cdot R \cdot \lambda$$

де k – будь-яке ціле число $0, 1, 2, \dots$;

r_k – радіус темного кільця.

У нашій роботі будемо визначати радіус кривизни лінзи по темних кільцях, отже:

$$R = \frac{r_k^2}{k\lambda}$$

Виражаючи радіус кілець через діаметр

$$r_k = \frac{D_k}{2}$$

одержимо

$$R = \frac{D_k^2}{4k\lambda} \quad (1)$$

де k – номер кільця, відраховуючи від центральної темної плями, що приймаємо за 0 (при $k = 0$, $r_k = 0$).

Опис установки

У нашій лабораторній роботі використовується мікроскоп з невеликим збільшенням. На предметному столику мікроскопа міститься в спеціальній оправі, виточеної з плексигласу, система: плоскоопукла лінза – плоскопаралельна пластинка. Під плоскопаралельну пластинку підкладений чорний папір для поглинання світла. Оправа з лінзою і пластинкою переміщається за допомогою мікрометричного гвинта, уздовж предметного столика. Крім того, у випадку потреби, усю систему можна зміщати у взаємно перпендикулярних напрямках.

Між системою лінза-пластинка й об'єктивом знаходиться невелика скляна пластинка, яку можна поставити під кутом 45° до вертикалі.

Джерелом світла служить ртутно-кварцова лампа ПРК-4. При тривалій експлуатації лампа сильно нагрівається і може згаснути. Тому рекомендується через 15-20 хвилин роботи лампу виключити. Повторне включення лампи можливо тільки після її охолодження, для чого звичайно потрібно не більш 10 хвилин.

У видимій області максимум енергії в спектрі випромінювання лампи ПРК приходиться на довжину хвилі $\lambda = 5,79 \cdot 10^{-7}$ м. Світло зазначеної довжини хвилі через світлофільтр направляється на скляну пластинку, відбивається від останньої і попадає на систему лінза-пластинка.

Інтерференційні кільця спостерігають у мікроскоп. В окулярі мікроскопа знаходиться візирна нитка. Освітлювач, трансформатор і мікроскоп змонтовані на загальній панелі.

Порядок виконання роботи

1. Уключити ртутну лампу. Скляну пластинку, розташовану перед об'єктивом, установити під кутом 45° до вертикалі.
2. Відрегулювати кремальєрой¹⁾ тубус мікроскопа так, щоб кільця були чітко видні.
3. Обертаючи мікрометричний гвинт, установити візирну нитку по дотичній до 12 темного кільця і зробити відлік по мікрометричній шкалі. Установлюючи послідовно візирну нитку на 10-і, 8-і і 6-і кільця з однієї сторони і на 6-і, 8-і, 10-і і 12-і з іншої сторони кілець, записати відповідно усі відліки. Діаметр кілець знаходиться як різниця відповідних відліків.
Для усунення наявного люфту мікрометричний гвинт під час вимірів варто обертати в одну сторону.
4. Дані вимірів записати в таблицю.

По формулі (1), знаючи довжину хвилі ртутної лампи, обчислити радіус кривизни лінзи для кожного виміру і знайти середньоарифметичне значення R .

Контрольні питання

1. Що називається інтерференцією світла?
2. Запишіть умову мінімуму і максимуму при інтерференції світла.
3. Які хвилі називаються когерентними?
4. Яка хвиля називається монохроматичною?
5. Схематично зобразити хід променів при інтерференції у тонких плоскопаралельних пластинах.
6. Намалуйте схему для спостереження кілець Ньютона. До якого виду інтерференції відносяться кільця Ньютона?
7. Виведіть формулу для світлих кілець Ньютона у відбитому світлі.
8. Покажіть на рисунку які промені інтерферують при спостереженні кілець Ньютона у відбитому світлі?
9. Запишіть закон заломлення світла
10. Що називається оптичною довжиною шляху?
11. Що називається оптичною різницею ходу?
12. Що називається показником заломлення середовища?

Звіт про виконану роботу

1. Робоча формула:

$$R = \frac{D_{\kappa}^2}{4k\lambda} - \text{радіус кривизни лінзи.}$$

Величини, що вимірюються:

N – відлік ліворуч та праворуч, відрахований від центральної темної плями

Величини, що обчислюються

D – діаметр кільця, $[D] = \text{м}$,

R – радіус кривизни лінзи, $[R] = \text{м}$

2. Результати експерименту

№ кільця	Відлік ліворуч	Відлік праворуч	Діаметр кільця	Радіус кривизни лінзи	Середнє значення радіусу кривизни лінзи
12					
10					
8					