

4.4.3 Визначення якості поверхні лінзи за допомогою кілець Ньютона та визначення її радіуса кривизни

Детальний опис роботи подано в [4, (робота 12); 9, (робота 13)].

Метою роботи є визначення радіуса кривини лінзи з допомогою кілець Ньютона.

Існує комп'ютерний симулятор цієї роботи [7, робота 2.4]

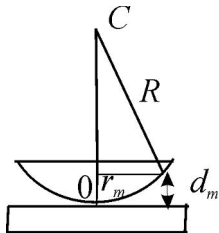


Рисунок 13

Кільця Ньютона є різновидом інтерференційних смуг рівної товщини, які виникають біля поверхні тонкої прозорої плівки, переріз якої має форму клину. Спостерігають ці кільця з допомогою мікроскопу. Виникнення кілець Ньютона спричинює інтерференція світлових хвиль, які відбилися від двох поверхонь клиноподібної плівки d_m , що виникає між поверхнями плоскоопуклої лінзи та плоскопаралельної пластинки (рис. 13).

Якщо спостереження вести у *відбитому* світлі (як у описуваній роботі), то радіус r_m *темного кільця* m -го порядку дорівнює

$$r_m = \sqrt{\frac{m\lambda R}{n}}, \quad (m = 0, 1, 2, \dots), \quad (4.3.1)$$

де R - радіус кривини лінзи, λ - довжина хвилі світла, що падає на установку, n - показник заломлення речовини клиноподібної плівки (у описуваній роботі такою речовиною є повітря, отже $n = 1$). У центрі картини завжди спостерігають темний круг, якому відповідає $m = 0$.

Ефект виникнення кілець Ньютона застосовують для вимірювання довжини хвилі монохроматичного світла (радіус кривини лінзи є відомим), радіусу кривини лінзи (відомою є довжина хвилі світла, що падає на установку), а також якості поверхні лінзи.

Схему установки для спостереження кілець Ньютона наведено на рис. 14. До столика мікроскопу за допомогою спеціального тримача прикріплено поліровану скляну пластинку 2 та лінзу 3, що досліджується. Пластинка поглинає світло, відбите від її нижньої поверхні. Освітлювачем є лампочка розжарення 7, світло від якої через конденсорну лінзу 6 потрапляє на світлофільтр 4, розташований під кутом 45° до осі світлового пучка. Світлофільтр використовується для одержання монохроматичного світла і є відбивачем, що направляє світло від джерела на лінзу. Відбите від системи лінза-пластинка світло через світлофільтр направляється в об'єктив 5 мікроскопу. В полі зору окуляра мікроскопа на фоні шкали спостерігається збільшене зображення інтерференційної картини - кілець Ньютона.

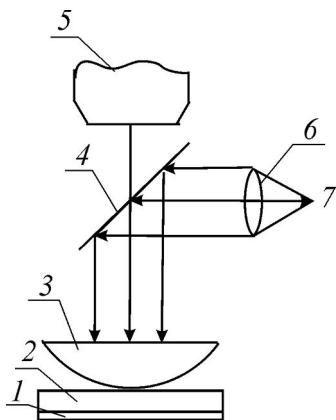


Рисунок 14

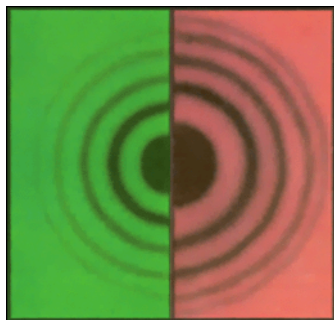


Рисунок 15

Загальний вигляд картин, які можна спостерігати у мікроскопі із зеленим або червоним світлофільтрами, подано на рис. 15. Зазначимо, що ширина кілець зменшується зі збільшенням їхніх порядків

Робочою формулою роботи є формула (4.3.1). У навчальній лабораторній роботі найчастіше вимірюють радіус кривини лінзи. Для точнішого його визначення краще застосувати *розрахункову формулу*, яка випливає з (4.3.1):

$$R = \frac{r_m^2 - r_k^2}{(m - k)\lambda}, \quad (m = 1, 2, \dots)$$

де r_m і r_k - радіуси темних кілець m -го та k -го порядків відповідно. Формулою (4.3.2) можна користуватися й за вимірювання радіусів світлих кілець Ньютона, але це менш зручно, оскільки світлі кільця мають істотно більшу товщину.

Опис процедури вимірювань детально поданий у посібниках [4, 9]. Результати вимірювань, якими є діаметри D_m кілець Ньютона у поділках шкали мікроскопу, та результати первинних розрахунків рекомендовано занотувати у таблицю, структура якої має такий вигляд:

Ціна поділки $C = \underline{\hspace{1cm}}$ м/под., $\lambda = \underline{\hspace{1cm}}$ мкм						
№	$m (k)$	$D_m (D_k)$, поділки	$r_m, (r_k)$, м	$m - k$	R_i , м	ΔR_i , м
1	2	3	4	5	6	7
1	1			2 - 1		
2	2			3 - 1		
3	3			3 - 2		
4	4			4 - 1		
5				4 - 2		
6				4 - 3		
				$\langle R \rangle = \dots$ м		

Інколи поряд з навчальними установками використовують фотографії кілець Ньютона, зроблені на мікроскопах з високим ступенем розділення. У цьому випадку вдається виміряти діаметри більшої кількості N кілець, отже таблиця може бути продовжена.

Алгоритм опрацювання результатів експерименту

Метод вимірювання радіусу кривини лінзи R у розглядуваній лабораторній роботі, що базується на розрахунковій формулі (4.3.2), є прикладом непрямих вимірювань, результат яких можна опрацьовувати за алгоритмом прямих вимірювань.

1. За дослідними даними діаметрів D_m кілець Ньютона (стовпчик 3) та за наданій викладачем інформацією щодо ціни поділки C шкали мікроскопу відшукати та занотувати у стовпчику 4 таблиці відповідні радіуси кілець Ньютона:

$$r_m = \frac{CD_m}{2}. \quad (4.3.3)$$

2. За формулою (4.3.2) для різних значень m та k обчислити радіуси кривини лінзи R_i ($i = 1, 2, \dots, N$) та занотувати їхні значення в таблицю (стовпчик 6) Довжина світлової хвилі відома (надана викладачем).

☞ Зверніть увагу!

Число N обчислених радіусів кривини лінзи при опрацюванні чотирьох і більше кілець Ньютона завжди є більшим від кількості цих кілець.

3. Обчислити та занотувати до таблиці середнє значення радіусу кривини лінзи

$$\langle R \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i. \quad (4.3.4)$$

4. Вирахувати ΔR_i та занотувати їхні значення до стовпчику 7 таблиці:

$$\Delta R_i = |\langle R \rangle - R_i|. \quad (4.3.5)$$

5. Відшукати абсолютну похибки ΔR (коефіцієнт Стюдента $t_{0,7}(N)$ взяти з таблиці глави 2):

$$\Delta R = t_{0,7}(N) \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (\Delta R_i)^2}. \quad (4.3.6)$$

6. Записати результат у стандартному вигляді

$$R = \langle R \rangle \pm \Delta R \quad (4.3.7)$$