

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря СІКОРСЬКОГО»
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Протокол до лабораторної роботи 5.1 ВИМІРЮВАННЯ ФОКУСНИХ ВІДСТАНЕЙ ЛІНЗ

Виконали студенти
групи ФІ-81

Кармазін А.О.
Корешков М.О.
Прохоренко О.С.
Шкаліков О.В.

Перевірив:
Долгошей В.Б.

Теоретична частина

Ідеальною оптичною системою називають таку систему, в якій зберігається гомоцентричність пучків і зображень предмета геометрично подібне до самого предмета. Ідеальна оптична система має вісь симетрії, яку називають головною оптичною віссю. Промені, що падають на лінзу паралельно головній оптичній осі, сходяться в задньому фокусі системи в просторі зображень (точка F_2 на рис.1). Промені, що виходять з переднього фокуса системи, що знаходяться в просторі предметів (точка F_1 на рис.1) виходять з системи паралельно до головної оптичної осі. Площина, що проходить через фокус перпендикулярно до головної оптичної осі, називається фокальною площиною.

Розрізняють також головні площини (P_1, P_2) та головні точки (H_1, H_2) системи. Головна площина перпендикулярна до головної оптичної осі та проходить через точку перетину фокального променя та паралельного променя. Головні точки визначаються як точки перетину головної площини та головної осі. Відстані між головними точками та фокусами називають фокусними відстанями системи: $f_1 = F_1H_1$, $f_2 = F_2H_2$. Якщо по обидві сторони від оптичної системи знаходиться одне й теж саме середовище, то $f_1 = f_2 = f$.

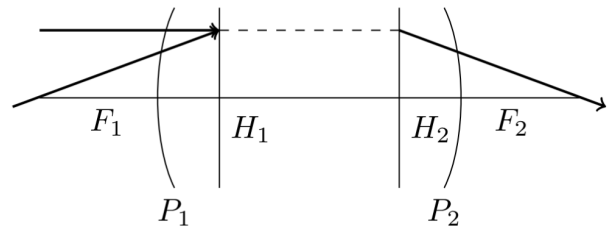


Рис. 1: Хід променів у товстій лінзі

Оптичну систему називають збиральною (позитивною), якщо на виході з неї пучок паралельних променів збирається, тобто задній фокус розташовано за системою, а передній - перед системою відносно напрямку розповсюдження променів. В цьому випадку фокусні відстані є позитивними величинами. На виході з розсіювальної (від'ємної) системи паралельні промені розходяться, задній фокус розташовано перед системою, а передній — за системою, фокусні відстані вважаються від'ємними. Відстань до об'єкта g та до зображення b звичайно відраховують від відповідних головних площин (P_1, P_2 , відповідно). Ці величини вважаються позитивними, якщо об'єкт знаходиться перед головною площиною в просторі об'єктів, а зображення — за головною площиною в просторі зображень.

Зауважимо, що головні площини можуть знаходитись як в межах оптичної системи, так і ззовні. В межах геометричної оптики можна вивести просте співвідношення між величинами g, b та f : уваги зміну фаз світлової хвилі під час відбиття від гранці поділу скло-повітря, коли показник заломлення першого середовища більше за показник заломлення другого, та під час ввідбиття від гранці повітря-скло, коли навпаки показник заломлення першого середовища менше за показник заломлення другого. Відомо, що для електричного вектора у першому випадку відбиття відбувається без зміни фаз, а в другому призводить до зміни фаз на π , фаза магнітного вектора, навпаки, змінюється на π тільки під час першого відбиття. Таким чином, промені 1 і 2 набувають різниці фаз π , що відповідає додатковій різниці ходу $\frac{\lambda}{2}$, а повна різниця ходу:

$$g^{-1} + b^{-1} = f^{-1} \quad (1)$$

На практиці найчастіше застосовуються тонкі лінзи, геометричні розміри яких в напрямку головної оптичної осі значно менші за фокусну відстань. Для тонкої лінзи передня та задня головні площини співпадають і знаходяться приблизно в центрі лінзи. Розглянемо рис.2. На ньому побудовано зображення об'єкта від тонкої збиральної лінзи. З геометричних міркувань очевидно, що коефіцієнт збільшення лінзи V .

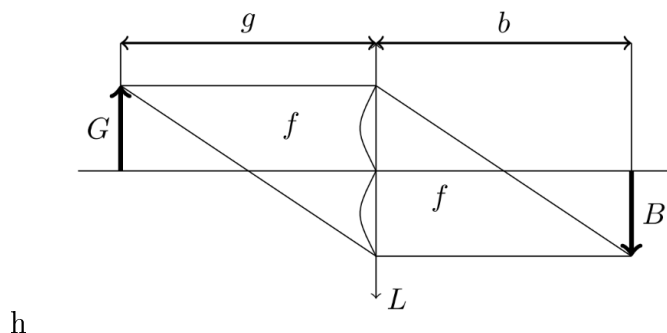


Рис. 2: Побудова геометричного зображення від тонкої збиральної лінзи

$$V = \frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{b-f}{f} \quad (2)$$

За допомогою співвідношення 2 можна переписати формулу 1 через відстані від об'єкта до відповідних фокусів:

$$(b-f)(g-f) = f^2 \quad (3)$$

Хід роботи

Мета роботи: Визначити фокусні та коефіцієнти збільшення невідомих лінз.

В наближенні тонкої лінзи вважається, що обидві головні площини співпадають і проходять через середину лінзи. Таким чином, користуючись для визначення фокусної відстані наближенням тонкої лінзи ми робимо помилки на величину товщини скла лінзи, і це обмежує необхідну точність вимірювань. Якщо необхідно отримати точніші значення фокусних відстаней, то слід зважати на відстань між головними площинами.

Фокусну відстань можна визначити безпосередньо за формулою 1. Для цього слід розпашувати на рейці послідовно освітлювач зі шкалою (об'єкт), лінзу та екран. Пересуваючи екран вздовж рейки, добитись чіткого зображення (збиральна лінза дає перевернуте зображення). За лінійкою на рейці визначити відстані між екраном та лінзою та між лінзою та освітлювачем. За допомогою 1 обчислити фокусну відстань. Змінити положення екрана та повторити дослід ще декілька разів. за результатами досліду знайти середнє значення фокусної відстані.

Практична частина

У результаті проведених експериментів були отримані наступні дослідні дані(відстані відносно початку рейки):

Відстань до екрана(см)	Відстань до лінзи(см)	Відстань до предмета(см)
102.3	43.8	15
62.4	23.6	
36.0	20.6	
44.7	22.2	

Табл. 1: Дослідні дані

Обрахуємо відстані до лінзи за наступними формулами:

$$g = s_l - s_o$$

$$b = s_s - s_l$$

,де s_l - відстань до лінзи від початку рейки, s_s - відстань до екрана від початку рейки, s_o - відстань до предмета від початку рейки.

Згідно формули 1 тонкої збиральної лінзи та формули 2 для коефіцієнта збільшення лінзи обрахуємо зазначені величини.

Абсолютну похибку вимірювань обчислимо за наступною формулою ($\Delta b = \Delta g = 1(\text{см})$)

$$\Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial g} \Delta g\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b} \Delta b\right)^2} = \sqrt{\frac{b^4 \Delta g^2}{(b+g)^4} + \frac{g^4 \Delta b^2}{(b+g)^4}}$$

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial g} \Delta g\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial b} \Delta b\right)^2} = \sqrt{\frac{b^2 \Delta g^2}{g^4} + \frac{\Delta b^2}{g^2}}$$

Результати обрахунків наведені у таблиці нижче:

g (см)	b (см)	f (см)	V	Δf (см)	ΔV (см)	$\delta_f\%$	$\delta_V\%$
28.8	58.5	19.3	2.03	0.46	0.08	2.39	3.87
8.6	38.8	7.04	4.51	0.67	0.54	9.53	11.91
5.6	15.4	4.11	2.75	0.54	0.52	13.2	19
7.2	22.5	5.45	3.125	0.58	0.45	10.58	14.59

Табл. 2: Фокусна відстань та коефіцієнт збільшення

Висновки

В ході даної лабораторної роботи було виміряно фокусні відстані збиральних лінз та їх коефіцієнти збільшення. Результати розрахунків наведені у таблиці 3. Помилки обумовлені достатньо великою ціною поділки лінійки на рейці та людським фактором.

Відповіді на контрольні питання

1. Що таке дійсне, уявне зображення?

Дійсне зображення -

Уявне зображення -

2. За яких умов створюється дійсне зображення для збиральної лінзи?

Дійсне зображення для збиральної лінзи створюється за умови

3. За яких умов створюється уявне зображення у схемах зі збиральною лінзою?

4. За яких умов не бачимо зображення?

5. Хід променів для кожного вищевказаного випадку?

6. Що таке сферична аберація?

7. Що таке хроматична аберація?

8. В чому полягає різниця між тонкою і звичайною лінзою?