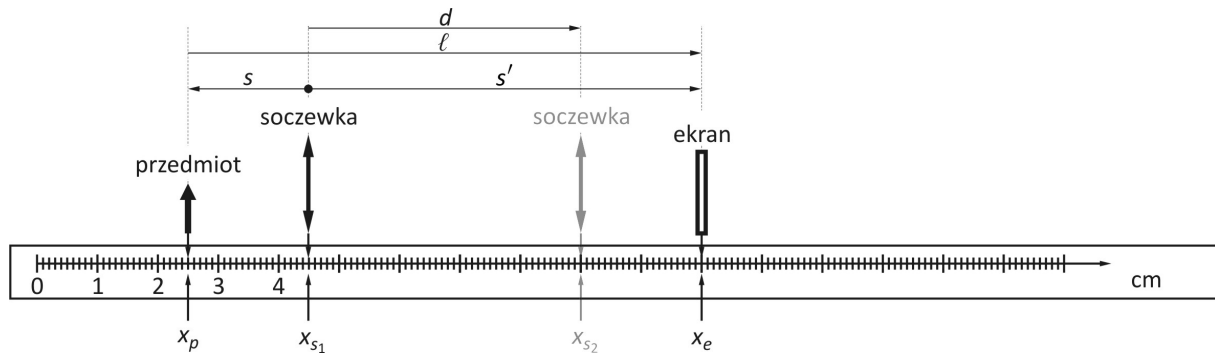


Ćwiczenie nr 4 WYZNACZANIE OGNISKOWEJ SOCZEWKI METODĄ BESSELA

1. Wprowadzenie

Na ryc. 1 przedstawiony jest układ pomiarowy do wyznaczania ogniskowej soczewki metodą Bessela. Jeśli odległość ekranu od przedmiotu jest czterokrotnie większa od ogniskowej obrazowej f' ($\ell > 4f'$) to istnieją dwa tzw. „symetryczne” położenia soczewki dla których tworzy ona ostry obraz tego samego przedmiotu na ekranie pozostającym w ustalonym położeniu. W trakcie pomiaru szuka się tych położenia i mierzy odległość d między nimi.



Ryc.1. Wyznaczając ogniskową soczewki za pomocą metody Bessela mierzymy odległość ℓ przedmiotu od ekranu oraz wartość d przesunięcia soczewki pomiędzy jej położeniami x_{s1} oraz x_{s2} na ławie optycznej, dla których na ekranie powstaje ostry obraz przedmiotu.

Wyprowadzenie wzoru Bessela na ogniskową obrazową soczewki.

N rycinie 1 pokazano soczewkę w tzw. „symetrycznych” położeniach x_{s1} oraz x_{s2} soczewki w metodzie Bessela. Z rysunku wynika (pamiętając o konwencji znaków), że:

$$(1) \quad -s + s' = \ell$$

$$(2) \quad s + s' = d$$

gdzie: s - odległość przedmiotu od soczewki,
 s' - odległość obrazu od soczewki,
 ℓ - odległość ekranu od przedmiotu,
 d - odległość między położeniami, w których soczewka tworzy ostry obraz przedmiotu na ekranie - przesunięcie soczewki.

Dodając stronami równania (1) i (2) otrzymamy:

$$2s' = \ell + d \Rightarrow s' = \frac{\ell + d}{2}.$$

Po podstawieniu wartości s' do równania (1) i przekształceniu względem s mamy:

$$s = \frac{d - \ell}{2}.$$

Otrzymane wartości s i s' wstawiamy teraz do równania soczewkowego:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} \Rightarrow \frac{2}{d - \ell} + \frac{1}{f'} = \frac{2}{\ell + d}.$$

Przekształcając je względem f otrzymujemy:

$$f' = \frac{\ell^2 - d^2}{4\ell}.$$

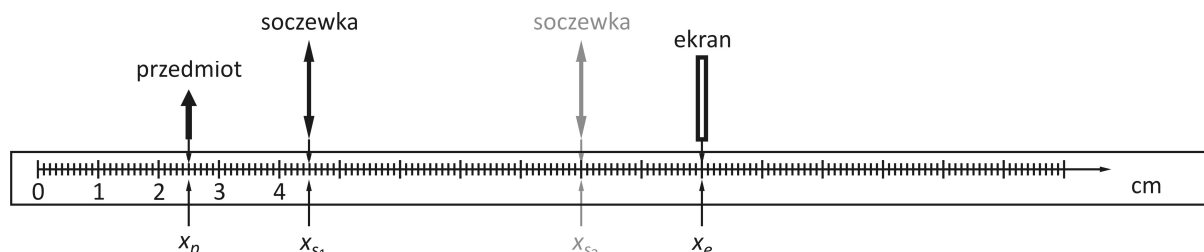
Jest to wzór na ogniskową obrazową wyznaczoną metodą Bessela. Warto podkreślić że metodą Bessela można stosować zarówno dla soczewek cienkich jak i grubych – ponieważ nie jest konieczna zna-

omość ani położenia środka soczewki ani jej płaszczyzn głównych. W metodzie Bessela wystarczy zatem zmierzyć odległość pomiędzy przedmiotem i ekranem, ℓ oraz odległość pomiędzy „symetrycznymi” położeniami soczewki d , dla których na ekranie powstają ostre obrazy przedmiotu.

2. Przebieg ćwiczenia

A. Soczewka skupiająca

1. Ustawić układ pomiarowy tak, jak pokazuje poniższy rysunek.



Przedmiot, ekran i badaną soczewkę ustawić tak, aby uzyskać ostry, powiększony obraz przedmiotu na ekranie (przedmiot ustawić w odległości od soczewki większej niż szacunkowa wartość ogniskowej soczewki).

2. Zanotować położenia przedmiotu x_p i ekranu x_e oraz oszacować ich błędy Δx_p i Δx_e . Obliczyć odległość $\ell = x_e - x_p$ pomiędzy przedmiotem i ekranem i oszacować jej błąd $\Delta \ell$.
3. Zanotować położenie soczewki x_{s1} przy którym po raz pierwszy na ekranie powstaje ostry obraz.
4. Przesunąć soczewkę do „symetrycznego” położenia, tak aby uzyskać na ekranie ponownie ostry obraz przedmiotu. Zanotować położenie soczewki x_{s2} .
5. Określić kategorię błędów pomiaru położen x_{s1} i x_{s2} (systematyczne, czy przypadkowe) i oszacować wartości błędów Δx_{s1} i Δx_{s2} .
6. Obliczyć odległość pomiędzy „symetrycznymi” położeniami soczewki $d = |x_{s2} - x_{s1}|$ i oszacować wartość błędu pomiaru Δd .
7. Z wzoru Bessela $f' = \frac{\ell^2 - d^2}{4\ell}$ obliczyć ogniskową f soczewki.
8. Oszacować błąd pomiaru ogniskowej z wzoru:

$$\Delta f' = \left| \frac{\ell^2 + d^2}{4\ell^2} \right| \cdot |\Delta \ell| + \left| \frac{d}{2\ell} \right| \cdot |\Delta d|$$

9. Obliczyć moc optyczną P soczewki i błąd jej pomiaru ΔP .

B. Układ: soczewka skupiająca i rozpraszająca

1. Zbudować układ złożony ze zbadanej w punkcie A soczewki skupiającej o zdolności skupiającej P i przylegającej do niej soczewki rozpraszającej o nieznannej zdolności skupiającej P_x . Powtarzając czynności opisane w punktach od 1 do 9 części A, ale dla układu soczewek, wyznaczyć ogniskową f'_u obrazową i zdolność skupiającą tego układu P_u .
2. Obliczyć moc optyczną soczewki rozpraszającej P_x i jej błąd pomiaru ΔP_x korzystając ze wzorów¹:

$$P_x = P_u - P,$$

$$\Delta P_x = \Delta P_u + \Delta P.$$

¹ Zdolność skupiającą P układu dwóch soczewek wyznacza się ze wzoru na moc optyczną właściwą układu soczewek: $P = P_1 + P_2 - dP_1P_2$ gdzie d oznacza odległość między soczewkami układu.