

Wyznaczanie ogniskowej soczewki za pomocą ławy optycznej¹

Dorota Drewniak, Patrycja Siedlecka²

Cele

Uczeń:

- posługując się dostępnymi przyrządami (tj. wymienionymi poniżej), potrafi wykonać pomiary pomocne w wyznaczeniu ogniskowej nieznanej soczewki skupiającej;
- w oparciu o równanie soczewki: $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$ oblicza ogniskową soczewki;
- doskonali umiejętność: obliczania niepewności pomiarowych, graficznego przedstawiania wyników, interpretowania otrzymanych wyników.

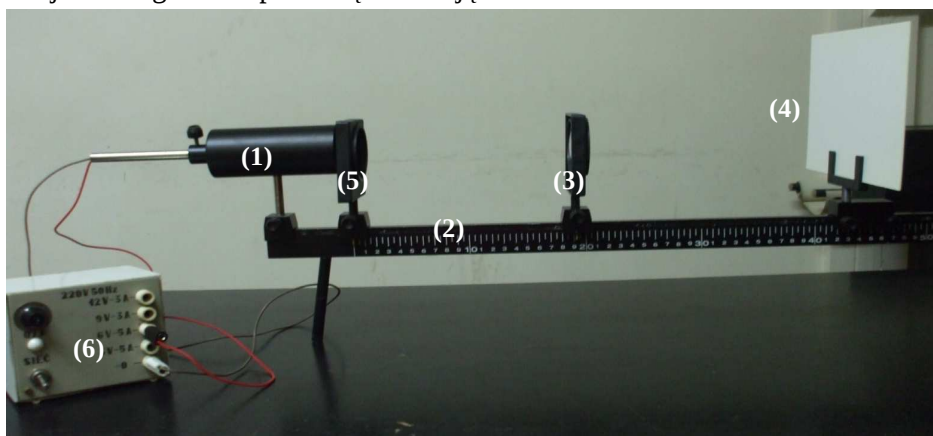
Materiały i przyrządy:

- (1) oświetlenie,
- (2) ława optyczna,
- (3) soczewka skupiająca o nieznanej ogniskowej,
- (4) ekran,
- (5) przesłona ze szczeliną w kształcie strzałki,
- (6) zasilacz.

Dodatkowo uczeń powinien posiadać: linijkę, papier milimetrowy (dwa arkusze A4), ołówek, długopis.

Przebieg doświadczenia:

Zmontuj układ zgodnie z poniższą ilustracją.



UWAGA! Nie włączaj końcówek oświetlacza do gniazda sieciowego 220 V. Podłącz je do zasilacza. (Oświetlacz składa się z żarówki o mocy 30 W i osłony. Żarówka pobiera prąd 5 A ze źródła prądu o napięciu 6 V).

¹ Por. komentarz metodyczny na s. 257.

² Osoby sprawdzające instrukcję: Natalia Kędroń, Andrzej Koźmic.

Autorzy instrukcji oraz osoby sprawdzające instrukcję studiują fizykę nauczycielską (II^o) w Uniwersytecie Wrocławskim.

Po zmontowaniu układu rozpocznij wykonywanie pomiarów:

- Ustaw przesłonę ze szczeliną na ławie optycznej tuż za oświetlaczem w punkcie 0 cm, natomiast ekran w odległości 100 cm od niego.
- Włącz oświetlenie.
- Między przedmiotem a ekranem dobierz położenie soczewki skupiającej tak, aby na ekranie otrzymać ostry, powiększony obraz.
- Zapisz w tabeli odległość przedmiotu x oraz obrazu y od soczewki.
- Zmieniaj odległości soczewki od przedmiotu co 5 cm. Za każdym razem zmieniaj położenie ekranu od soczewki tak, aby otrzymać na nim obraz ostry.
- Wykonaj 10 pomiarów. Wyniki x , y zapisz za każdym razem w tabeli.

Tabela 1

x [cm]										
y [cm]										

Opracowanie wyników pomiarów

Korzystając z równania soczewkowego $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$ oblicz ogniskową soczewki z każdego pojedynczego pomiaru, następnie oblicz średnią ogniskową ze wszystkich pomiarów (patrz: Tabela 2).

Tabela 2

x [cm]	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56
y [cm]	89	26	18	16	15	14	13,5	13	12,5	12
f	9,79	9,90	9,69	9,90	10,11	10,08	10,16	10,14	10,04	9,88

$$\bar{f} = 9,97 \text{ cm}$$

W zależności od umiejętności uczniów proponujemy obliczenie niepewności f dwoma sposobami:

- 1) **Metoda najmniej korzystnego przypadku:** spośród wyznaczonych wcześniej ogniskowych f odszukaj: 1) wartość najmniejszą $f_{\min}$, 2) wartość największą $f_{\max}$:

- odejmij od wartości średniej f wartość minimalną $f_{\min}$:

$$\bar{f} - f_{\min} = 9,97 \text{ cm} - 9,69 \text{ cm} = 0,28 \text{ cm}$$

- odejmij od wartości maksymalnej $f_{\max}$ wartość średnią f :

$$f_{\max} - \bar{f} = 10,16 \text{ cm} - 9,97 \text{ cm} = 0,19 \text{ cm}$$

Jako miarę niepewności przyjmujemy większą z wartości różnic $\bar{f} - f_{\min}$, $f_{\max} - \bar{f}$. Jeśli wartości te niewiele się różnią, można przyjąć, że niepewność pomiarowa wynosi:

$$\Delta f = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{2}.$$

- 2) Oblicz średnią arytmetyczną $\bar{f}$ i jej niepewność standardową

$$u_c(f) = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2},$$

gdzie n to liczba pomiarów.

Opracowując tą część uczeń może skorzystać z programu Microsoft Excel.

Pamiętaj, aby poprawnie zapisać końcowy wynik:

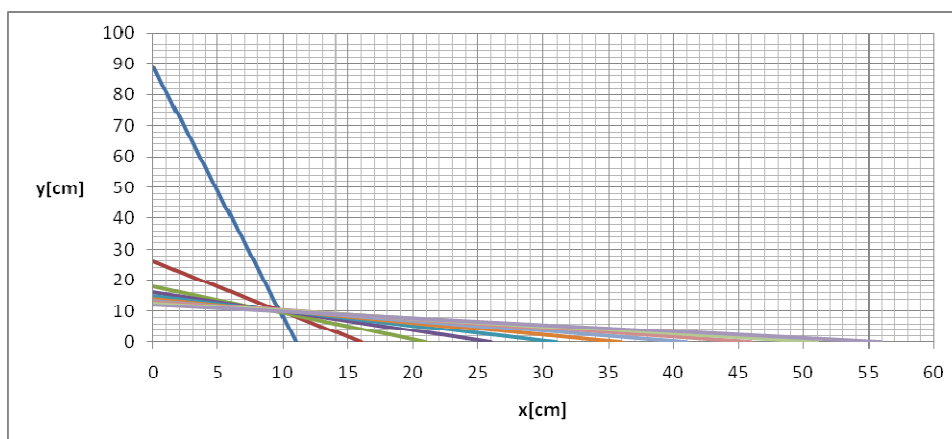
$$f = (9,97 \pm 0,28) \text{ cm}$$

- 3) Uzupełnieniem i sprawdzeniem otrzymanego wyniku może być graficzny sposób wyznaczania f .

A.

- na osi poziomej prostokątnego układu współrzędnych zaznacz wartości x , a na osi pionowej – wartości y ,
- połącz liniami prostymi pary odpowiadających sobie punktów,
- odczytaj odległości punktu przecięcia wszystkich prostych od obu osi i oblicz ich średnią arytmetyczną – jej wartość wyznacza nam ogniskową soczewki f .

Wykres 1



W naszym przypadku:

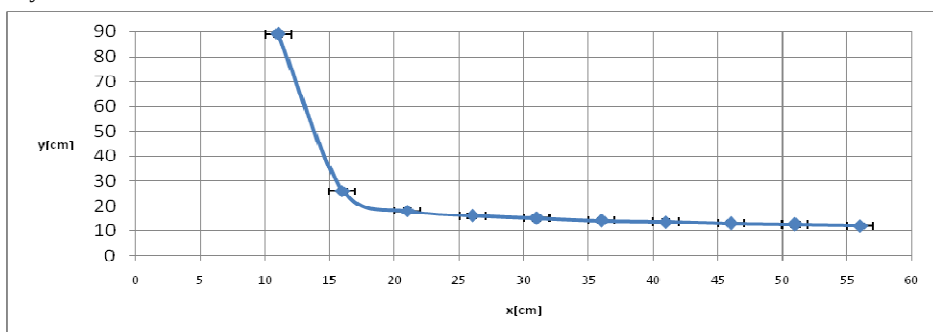
$$\bar{f} = \frac{10\text{cm} + 10\text{cm}}{2} = 10\text{cm}$$

B.

a) nanieś na wykres punkty pomiarowe (x_i, y_i).

Pamiętając, że obraz dla soczewki skupiającej nie powstaje, dla $x = f$, możemy odczytać z wykresu wartość, do której dążą argumenty, a nie osiągają, czyli jej asymptotę. Jest ona szukaną ogniskową.

Wykres 2



4) Porównaj otrzymane wyniki pomiaru ogniskowej uzyskane różnymi sposobami.

Literatura

- [1] P. Walczak, G. Wojewoda, *Fizyka i Astronomia 2, Zakres podstawowy, Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego, liceum profilowanego i technikum*, Operon, Gdynia 2007, s. 188, 189.
- [2] M. Fiałkowska, K. Fiałkowski, B. Saganowska, *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych*, ZamKor, Kraków 2002, s. 268-274.
- [3] http://www.pracownia.ifd.uni.wroc.pl/html/slide_6.html, 24.03.2011 r.