

| Imię i nazwisko | Nr indeksu | Kierunek | Wydział (skrót) | Data | Wersja sprawozdania |
|---------------------------------|---|-------------|-----------------|-----------|---------------------|
| Dawid Królak Michał Matuszak | 145383 145403 | Informatyka | WliT | 3.11.2020 | 1.0 |
| Nr ćwiczenia | Tytuł ćwiczenia | | | | |
| 302 | Wyznaczanie ogniskowych soczewek ze wzoru soczewkowego oraz metodą Bessela. | | | | |

1. Wyniki pomiarowe.

a) Soczewki skupiające.

o - odległość obrazu (ekranu) od soczewki

p - odległość przedmiotu (lampy) od soczewki

e - odległość między położeniami soczewki dla których obserwujemy ostry obraz

l - odległość przedmiotu od obrazu (ekranu)

Tabela 1.

| Lp. | Soczewka A | | | | Soczewka B | | | |
|-----|------------|----------|-------------|----------|------------|----------|-------------|----------|
| | o [cm] | p [cm] | e [cm] | l [cm] | o [cm] | p [cm] | e [cm] | l [cm] |
| 1. | 89,1 | 10,9 | 89 - 10,9 | 100 | 61,4 | 18,6 | 61,4 - 18,6 | 80 |
| 2. | 83,9 | 11,1 | 83,7 - 11,1 | 95 | 66,5 | 18,5 | 66,5 - 18,5 | 85 |
| 3. | 78,8 | 11,2 | 78,7 - 11,2 | 90 | 72,0 | 18,0 | 72,0 - 18,0 | 90 |
| 4. | 73,7 | 11,3 | 73,5 - 11,3 | 85 | 77,5 | 17,5 | 77,3 - 17,5 | 95 |
| 5. | 68,6 | 11,4 | 68,3 - 11,4 | 80 | 82,8 | 17,2 | 82,8 - 17,2 | 100 |

| Lp. | Soczewka C | | | |
|-----|------------|----------|-------------|----------|
| | o [cm] | p [cm] | e [cm] | l [cm] |
| 1. | 72,2 | 27,8 | 72,0 - 27,8 | 100 |
| 2. | 65,6 | 29,4 | 65,7 - 29,4 | 95 |
| 3. | 59,0 | 31,0 | 59,2 - 31,0 | 90 |
| 4. | 52,4 | 32,6 | 52,3 - 32,6 | 85 |
| 5. | 41,5 | 38,5 | 41,7 - 38,5 | 80 |

b) Soczewki rozpraszające.

e - odległość między położeniami soczewek dla których obserwujemy ostry obraz na ekranie

l - odległość przedmiotu od obrazu (ekranu)

d - odległość między soczewkami

Tabela 2.

| Lp. | Układ A + 1 | | | Układ B + 2 | | |
|-----|-------------|-------------|----------|-------------|-----------|----------|
| | d [cm] | e [cm] | l [cm] | d [cm] | e [cm] | l [cm] |
| 1. | 4 | 84,0 - 27,3 | 100 | 6 | 78,3-33,6 | 100 |
| 2. | 4 | 78,1 - 28,5 | 95 | 6 | 72,4-35,1 | 95 |
| 3. | 4 | 72,8 - 28,8 | 90 | 6 | 65,6-36,0 | 90 |
| 4. | 4 | 67,0 - 29,2 | 85 | 6 | 58,6-38,2 | 85 |
| 5. | 4 | 60,6 - 30,2 | 80 | 6 | 78,3-33,9 | 100 |

2. Opracowanie wyników i obliczenie błędów pomiarowych.

a) Soczewki skupiające.

Do obliczenia ogniskowych soczewek wykorzystano wzór soczewkowy (1) oraz metodę Bessela (2).

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{p} \quad (1)$$

$$f = \frac{l^2 - e^2}{4l} \quad (2)$$

Obliczenia dla pomiaru 1. soczewki A, za pomocą wzoru soczewkowego:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{p} \rightarrow f = \frac{po}{p+o}$$
$$f = \frac{10,90 \cdot 89,10}{10,90 + 89,10} = \frac{971,19}{100} = 9,7119$$

metody Bessela:

$$f = \frac{100^2 - 78,1^2}{4 \cdot 100} = 9,750975$$

Obliczenia dla pozostałych pomiarów i soczewek przeprowadzono w sposób analogiczny. Następnie obliczono średnią każdej z soczewek i metod. Wyniki zebrano w tabeli nr 3:

Tabela 3. Ogniskowe soczewek A, B i C, obliczone za pomocą wzoru soczewkowego i metody Bessela.

| | Soczewka A | | Soczewka B | | Soczewka C | |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Lp. | Równ. soczewkowe | Metoda Bessela | Równ. soczewkowe | Metoda Bessela | Równ. soczewkowe | Metoda Bessela |
| 1. | 9,7119 | 9,750975 | 14,2755 | 14,2755 | 20,0716 | 20,1159 |
| 2. | 9,80305263157895 | 9,87957894736842 | 14,4735294117647 | 14,4735294117647 | 20,3014736842105 | 20,2823947368421 |
| 3. | 9,80622222222222 | 9,84375 | 14,4 | 14,4 | 20,3222222222222 | 20,291 |
| 4. | 9,79776470588235 | 9,87105882352941 | 14,2763157894737 | 14,3393684210526 | 20,0969411764706 | 20,1085588235294 |
| 5. | 9,7755 | 9,988875 | 14,2416 | 14,2416 | 19,971875 | 19,968 |
| Średnia | 9,778879119367 | 9,86684755417957 | 14,3333890402477 | 14,3459995665635 | 20,1528224165807 | 20,1531707120743 |
| Odch. Std. | 0,01758733896411 | 0,038098862526786 | 0,044221074462497 | 0,0418887447314 | 0,068284425397751 | 0,06056536979804 |

b) Soczewki rozpraszające.

Ogniskowe soczewek rozpraszających obliczono wyznaczając ogniskowe układów soczewek z soczewką skupiającą i rozpraszającą za pomocą metody Bessela i wyznaczając na tej podstawie ogniskową samej soczewki rozpraszającej.

Obliczone ogniskowe układów soczewek, metodą Bessela, na podstawie danych z tabeli 2:

Tabela 4. Ogniskowe układów soczewek

| Lp. | Układ A+1 | Układ B+2 |
|-----|------------------|------------------|
| 1. | 16,962775 | 20,004775 |
| 2. | 17,2758947368421 | 20,0887105263158 |
| 3. | 17,1222222222222 | 20,0662222222222 |
| 4. | 17,0475294117647 | 20,026 |
| 5. | 17,112 | 20,0716 |

Wzór na ogniskową układu soczewek:

$$\frac{1}{f_u} = \frac{1}{f_s} + \frac{1}{f_r} - \frac{d}{f_s f_r} \quad (3)$$

Gdzie:

- f_u to ogniskowa układu soczewek,
- f_s - ogniskowa soczewki skupiającej,
- f_r - ogniskowa soczewki rozpraszającej,
- d - odległość pomiędzy soczewkami.

Przekształcając wzór otrzymujemy:

$$f_r = -\frac{f_u(f_s - d)}{f_u - f_s}$$

Obliczenia dla pomiaru 1. układu soczewek A+1:

$$f_1 = -\frac{16,96277 \cdot (9,7788879119367 - 4)}{16,96277 - 9,7788879119367} = -13,6452555836076$$

Analogicznie przeprowadzono pozostałe obliczenia. Wyniki zestawiono w tabeli nr 5:

Tabela 5. Ogniskowe soczewek rozpraszających

| Lp. | Soczewka 1 | Soczewka 2 |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. | -13,6452555836076 | -29,5045890127869 |
| 2. | -13,3167091339666 | -29,1953348375872 |
| 3. | -13,4744516379844 | -29,277301260915 |
| 4. | -13,5535315159461 | -29,4255236911801 |
| 5. | -13,4851791110666 | -29,2576415081222 |
| Średnia | -13,4950253965143 | -29,3320780621183 |
| Odch. Std. | 0,053994904153628 | 0,057328928852444 |

Za błędy pomiarowe uznane zostały obliczone odchylenia standardowe.

3. Zaokrąglenie obliczonych wartości i ostateczna postać wyniku.

Obliczenia dla soczewki A (Równ. soczewkowe):

$$f_{As} = 9,7788879119367 \pm 0,01758733896411 \approx 9,779 \pm 0,018$$

Analogicznie obliczono wartości pozostałych pomiarów:

$$f_{Ab} = 9,87 \pm 0,04$$

$$f_{Bs} = 14,333 \pm 0,045$$

$$f_{Bb} = 14,346 \pm 0,042$$

$$f_{Cs} = 20,15 \pm 0,07$$

$$f_{Cb} = 20,153 \pm 0,061$$

$$f_1 = -13,495 \pm 0,054$$

$$f_2 = -29,33 \pm 0,06$$