

Ćwiczenie O6

Wyznaczanie promienia krzywizny soczewki za pomocą pierścieni Newtona

O6.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia wyznaczenie promienia krzywizny soczewki na podstawie pomiaru promieni pierścieni Newtona powstających w układzie płaskorównoległa płytka–soczewka o małej krzywiznie.

O6.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Opis falowy światła,
- zjawisko interferencji,
- minimum i maksimum interferencyjne,
- zjawisko powstawania pierścieni Newtona,
- zjawiska zachodzące podczas przejścia światła przez granicę dwóch ośrodków przezroczystych,
- parametry opisujące soczewkę optyczną,
- metoda najmniejszych kwadratów.

O6.3. Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz. 4*, PWN, Warszawa.
- [2] Jaworski B., Piński A.: *Elementy fizyki*, PWN, Warszawa.
- [3] Szczeniowski S., *Fizyka doświadczalna, cz. 4*, PWN, Warszawa.
- [4] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, <http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

O6.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

Układ doświadczalny

Rysunek O6.1 przedstawia zdjęcie układu pomiarowego, który składa się z mikroskopu optycznego **1**, źródeł światła o znanej długości fali **2**, układu płytki płaskorównoległa–soczewka o dużym promieniu krzywizny **3**.



Rysunek O6.1. Zdjęcie układu pomiarowego

Przebieg doświadczenia

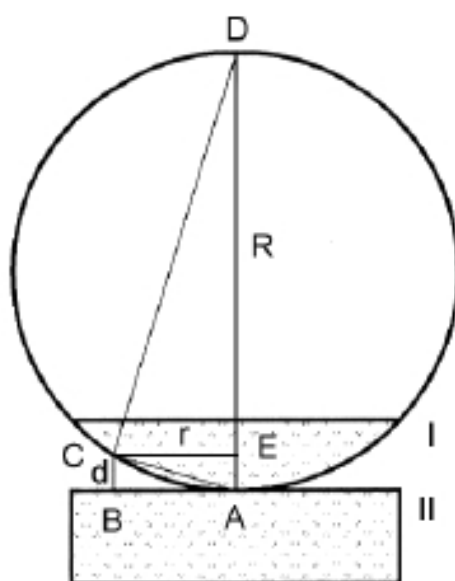
Po włączeniu źródła światła należy odczekać, aż do całkowitego rozżarzenia lampy. Następnie należy odpowiednio skierować wiązkę światła i oświetlić układ badanej soczewki i płytki płaskorównoległej. Przez okular zaobserwować pierścienie Newtona i ustawić układ optyczny tak, aby środek krzyża widocznego w okularze znajdował się na środku centralnego pierścienia. Aby znaleźć średnicę D_n n -tego pierścienia należy odczytać położenie pionowej linii krzyża na n -tym ciemnym pierścieniu z prawej i lewej strony. Różnica tych położzeń jest równa średnicy D_n n -tego pierścienia.

Zadania do wykonania

- O6.1. Zmierzyc średnice kilku ciemnych pierścieni Newtona.
 O6.2. Wyznaczyć promień krzywizny soczewki stosując metodę regresji liniowej.
 O6.3. Wyznaczyć średni promień krzywizny soczewki na podstawie różnicy kwadratów średnic pierścieni.

Uzupełnienie do zadań O6.2 i O6.3

Na podstawie rysunku O6.2 możemy napisać zależność:



Rysunek O6.2. Powstawanie pierścieni Newtona

$$r_n^2 = d(2R - d), \quad (\text{O6.1})$$

w której R jest promieniem krzywizny soczewki, r promieniem ciemnego pierścienia a d różnicą dróg optycznych promieni. Przyjmując $d \ll 2R$ wyrażenie (O6.1) możemy uprościć do postaci:

$$r_n^2 = 2dR, \quad (\text{O6.2})$$

z której otrzymujemy

$$d = \frac{r^2}{2R}. \quad (\text{O6.3})$$

Po uwzględnieniu warunku na powstanie minimum interferencyjnego dla światła o długości fali λ :

$$d = n \frac{\lambda}{2} \quad (\text{O6.4})$$

oraz po podstawieniu

$$r = \frac{D_n}{2}, \quad (\text{O6.5})$$

gdzie D_n jest średnicą n -tego ciemnego pierścienia, otrzymujemy zależność:

$$D_n^2 = 4R\lambda n, \quad (\text{O6.6})$$

w której $n = 1, 2, 3, \dots, k$ oznacza kolejne ciemne prążki interferencyjne.

Wyznaczenie promienia krzywizny soczewki metodą regresji liniowej

Podstawiając w równaniu (O6.6) $D_n^2 = y$ i $4n\lambda = x$ sprowadzamy je do funkcji liniowej. Współczynniki a i b prostej $y = ax + b$ wyznaczamy korzystając z metody najmniejszych kwadratów. Łatwo jest zauważyć, że znając współczynnik a znamy promień krzywizny soczewki R , ponieważ $a = R$.

Wyznaczenie średniego promienia krzywizny soczewki na podstawie różnicy kwadratów średnic pierścieni Newtona

Analogicznie do wzoru (O6.6) dla prążka o numerze $n + p$, możemy napisać:

$$D_{n+p}^2 = 4R\lambda(n + p). \quad (\text{O6.7})$$

Odejmując stronami równania (O6.7) i (O6.6) otrzymujemy wyrażenie określające promień krzywizny soczewki R , wyrażony poprzez różnicę kwadratów średnic dwóch pierścieni Newtona:

$$R = \frac{D_{n+p}^2 - D_n^2}{4\lambda p}. \quad (\text{O6.8})$$

W doświadczeniu należy zmierzyć średnicę 4-go, 8-go, 12-go i 16-go ciemnego pierścienia i obliczyć promień krzywizny soczewki kolejno przyjmując $n = 4$ i $p = 4, 8, 12$, a następnie obliczyć wartość średnią R .

O6.5. Rachunek niepewności

W zależności od wybranej metody wyznaczania promienia krzywizny soczewki, niepewność R szacujemy jako odchylenie standardowe od wartości średniej obliczonej na podstawie serii pomiarów (zadanie O6.3), albo wyznaczamy stosując odpowiednie wzory metody najmniejszych kwadratów (zadanie O6.2). Niepewność pomiaru D_n określamy na podstawie podziałki użytego przyrządu.