



## LABORATORIUM OPTYKI GEOMETRYCZNEJ

### POMIAR KRZYWIZNY SOCZEWEK

#### 1. Cel ćwiczenia

Zapoznanie z niektórymi metodami badania krzywizny soczewek.

#### 2. Zakres wymaganych zagadnień:

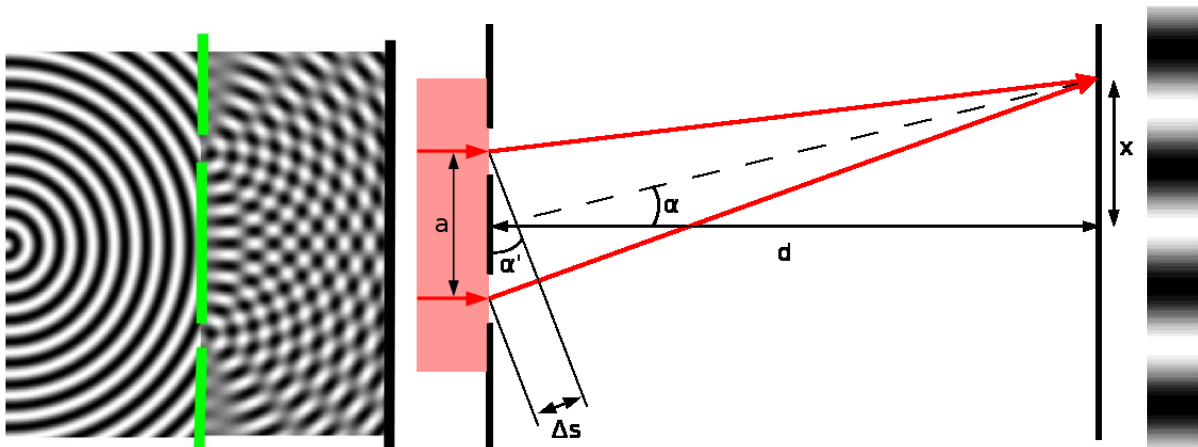
- Zjawisko dyfrakcji i interferencji światła
- Doświadczenie Younga – warunki powstawania minimum i maksimum interferencyjnego
- Spójność światła
- Powstawanie pierścieni Newtona
- Zwierciadło wypukłe

#### 3. Wstęp

**Interferencja** to nakładanie się fal, rozchodzących się w przestrzeni z jednakowymi częstotliwościami. Prowadzi to do zwiększenia lub zmniejszenia amplitudy fali wypadkowej w pewnych punktach przestrzeni. Interferencja jest cechą ogólną wszystkich fal, nie tylko fal świetlnych. Aby zjawisko interferencji mogło być zarejestrowane okiem lub innym przyrządem, konieczna jest stała w czasie różnica faz, nakładających się fal świetlnych docierających do obserwowanego punktu.

Jeśli dwie nakładające się na siebie fale mają tę samą częstotliwość i stała w czasie różnica faz, to takie fale nazywamy **spójnymi**. Takie fale ulegają interferencji.

**Doświadczenie Younga** polega na przepuszczeniu spójnego światła poprzez dwa pobliskie otwory w przesłonie i rzutowaniu na ekran (Rysunek 1). Na ekranie wskutek interferencji tworzą się charakterystyczne prążki, tzn. obszary w których światło jest wygaszone lub wzmacnione.



Rysunek 1. Schemat eksperymentu Younga.

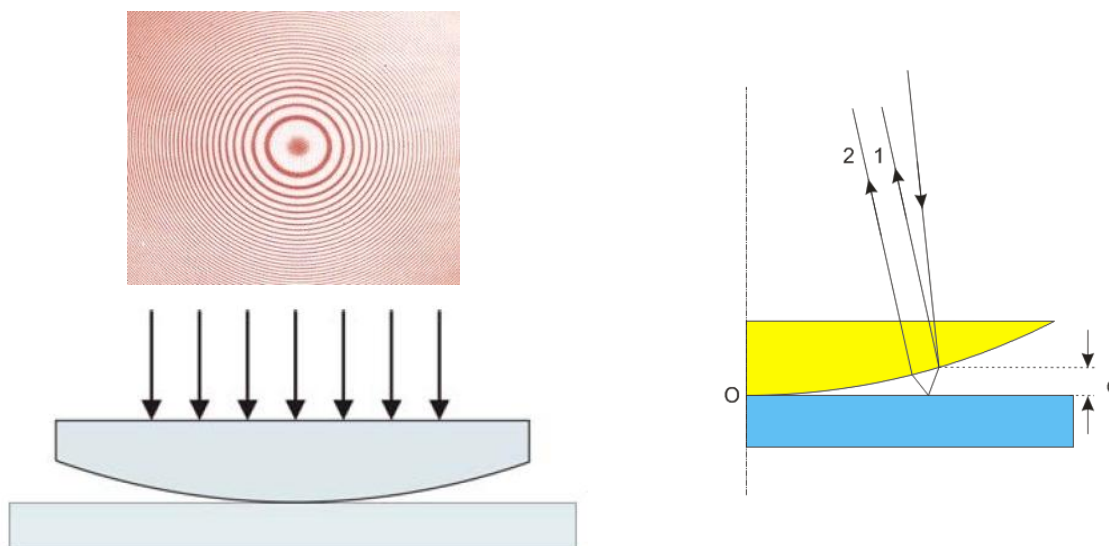
Miejsce gdzie wystąpi wzmocnienie lub osłabienie uzależnione jest od różnicy w długości dróg optycznych od obu szczelin. Warunek powstania maksimum dany jest wzorem:

$$d \sin \alpha_k = k \lambda \quad (1)$$

Minima powstają w punktach dla których spełniony jest warunek:

$$d \sin \alpha_k = \left( \frac{2k+1}{2} \right) \lambda \quad (2)$$

Gdzie  $\alpha_k$  jest kątem pod jakim tworzy się  $k$ -te minimum lub maksimum w obrazie interferencyjnym. Jeśli soczewkę płasko-wypukłą położymy na płytce szklanej zgodnie z rysunkiem 2 i oświetlimy z góry światłem spójnym zajdzie interferencja. Interferencja zachodzić będzie między promieniami odbitymi od górnej powierzchni płytki oraz od dolnej, sferycznej powierzchni soczewki.



Rysunek 2. Powstawanie pierścieni Newtona.

Między tymi promieniami istnieje różnica dróg optycznych:

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Porównując wzory (2) oraz (3) dostajemy warunek na występowanie ciemnych prążków. Grubość warstwy powietrza  $d$  jest zmienna i dlatego obraz zmienia się wraz ze wzrostem promienia podstawy. Wzmocnienie uzyskujemy gdy  $\Delta_k = k\lambda$ . Osłabienie gdy  $\Delta_k = (2k + 1) \lambda/2$ . Różnica dróg jest stała dla tej samej wartości  $d$  dlatego też uzyskujemy obraz koncentrycznych pierścieni na przemian jasnych i ciemnych przy czym pierwszy środkowy pierścień jest ciemny. Jest to doświadczenie potwierdzenie faktu, że chociaż różnica dróg geometrycznych promieni wynosi zero (soczewka przylega do płytki), to różnica dróg optycznych wynosi  $\lambda/2$ . Promień biegnący w powietrzu (po wyjściu z soczewki) doznaje bowiem przy odbiciu od powierzchni szklanej płytki zmiany fazy na przeciwną (zmiana fazy o  $180^\circ$ ) co odpowiada drodze  $\lambda/2$ . Natomiast promień, który biegnie w soczewce, odbija się od jej dolnej powierzchni i nie zmienia fazy. Czyli ostatecznie ciemne pierścienie dostajemy dla warunku:

$$d_k = \frac{k\lambda}{2} \quad (4)$$

Jeżeli promień krzywizny soczewki  $R$  jest dużo większy od promienia  $r$  pierścienia ciemnego i grubości warstwy powietrza  $d$  (Rysunek 3), to można napisać:

$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2 \cong 2Rd$$

Stąd:

$$d = \frac{r^2}{2R} \quad (5)$$

W szczególności, gdy wybierzemy pierścień o numerze  $k$ , to mamy:

$$d_k = \frac{r_k^2}{2R}$$

gdzie  $r_k$  – promień  $k$ -tego ciemnego pierścienia,  $d_k$  – grubość warstwy powietrza odpowiadająca  $k$ -temu pierścieniowi ciemnemu.

Gdy porównamy wzory (4) i (5) otrzymamy:

$$\frac{k\lambda}{2} = \frac{r_k^2}{2R}$$

stąd

$$r_k^2 = k\lambda R \quad (6)$$

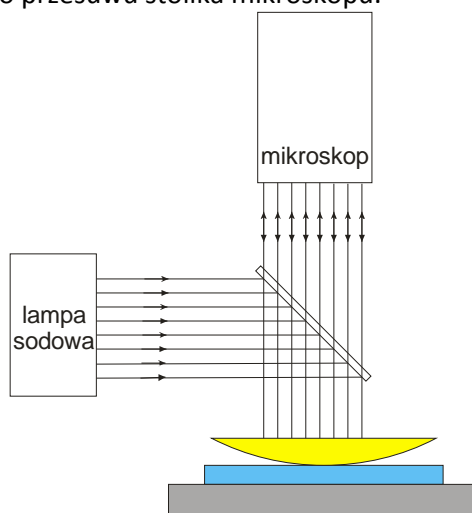
Równanie to można sprowadzić do postaci liniowej:  $y = ax$  przez podstawienie  $y = r_k^2$ ,  $x = k$ . Wtedy współczynnik kierunkowy prostej będzie równy  $a = R\lambda$ .

Znajdując współczynnik nachylenia  $a$  prostej metoda najmniejszych kwadratów lub graficznie, możemy obliczyć jedną z pozostałych dwu wielkości ( $R$  lub  $\lambda$ ).

#### 4. Przebieg ćwiczenia

##### A. Pomiar krzywizny soczewki przy wykorzystaniu metody pierścieni Newtona – lampa sodowa

Na Rysunku 4 przedstawiony jest schematycznie układ pomiarowy. Jednobarwne światło z lampy sodowej pada na płytkę światłodzielącą ustawioną pod kątem w taki sposób, że częściowo odbija się od niej i pada w dół na soczewkę i płytkę szklaną, dając skutek odbicia i interferencji obserwowane przez nas pierścienie Newtona. Promienie odbite ku górze przechodzą jeszcze raz przez płytkę światłodzielącą i trafiają do obiektywu mikroskopu i oka obserwatora. Mikroskop zaopatrzony jest w okular z nicią pajęczą, ruchomy w płaszczyźnie poziomej stolik oraz przesuwany w płaszczyźnie pionowej tubus mikroskopu. Położenie nici pajęczą odczytuje się korzystając ze skali na śrubach mikrometrycznych służących do przesuwu stolika mikroskopu.



Rysunek 4. Schemat układu pomiarowego.

1. Ustawić nic pajęczą okularu na 10 ciemnym pierścieniu widocznym z lewej strony środkowego ciemnego pierścienia. Pokrętle mikrometru w czasie pomiarów należy obracać tylko w jedną stronę – w ten sposób eliminujemy błędy związane z luzem na śrubie mikrometrycznej mikroskopu.
2. Odczytać położenie 10-tego ciemnego pierścienia. Przesuwając się w prawą stronę odczytać położenie lewej krawędzi kolejnych pierścieni. Po minięciu środkowego, ciemnego pierścienia kontynuować pomiary z prawej strony aż do pierścienia numer 10.
3. Wyniki zapisać w Tabeli I i policzyć promienie  $r_k$  pomierzonych pierścieni. Następnie sporządzić wykres  $r_k^2$  w funkcji  $k$ . Powinna to być prosta typu  $y=ax + b$ .
4. Obliczyć współczynnik nachylenia  $a$  prostej metodą graficzną.
5. Obliczyć promień  $R$  soczewki pomiarowej.

lp.	rząd pierścienia [m]	położenie lewe $d_l$ [mm]	położenie prawe $d_p$ [mm]	$r_k = (d_l - d_p)/2$ [mm]	$r_k^2$
1.					
2.					
...					
10.					

Tabela I

**B. Pomiar krzywizny soczewki przy wykorzystaniu metody pierścieni Newtona – światło laserowe**

Powtórzyć pomiar z punktu A przy wykorzystaniu jako oświetlacza lasera He-Ne.

**UWAGA! Światło lasera trzeba przepuścić przez matówkę.**

**C. Pomiar współczynnika załamania światła wody.**

Rozmiary pierścieni Newtona zmieniają się, jeżeli między soczewką a płytką umieścimy warstwę cieczy o współczynniku załamania  $n$ . Wtedy wzór (6) przyjmie postać:

$$r_k^2 = \frac{k\lambda R}{n}$$

1. Między soczewką a płytkę szklaną nalać wody.
2. Powtórzyć pomiary jak w punkcie 1.
3. Obliczyć współczynnik załamania wody.

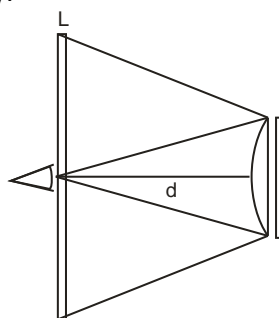
**D. Pomiar krzywizny soczewki za pomocą śruby mikrometrycznej**

1. Dokonać 2 pomiarów grubości soczewki za pomocą śruby mikrometrycznej. Jednego pomiaru dokonujemy w środku geometrycznym soczewki a drugiego na jej skraju.
2. Policzyc promień krzywizny soczewki.

**E. Pomiar krzywizny soczewki przy wykorzystaniu odbicia.**

Promienie padające na wypukłą powierzchnię soczewki odbijają się. Układ taki możemy traktować jak zwierciadło wypukłe.

1. Zbudować układ optyczny schematycznie przedstawiony na Rysunku 5, gdzie obiekt o długości  $L$  (długopis, linijka) ustawiony jest w odległości  $d$  od soczewki, tak dobranej aby obraz widziany przez oko na soczewce był równy jej średnicy.



Rysunek 5.

2. Za pomocą linijki zmierzyć średnicę soczewki oraz odległość od obiektu do soczewki  $d$ .
3. Wyliczyć promień krzywizny soczewki korzystając ze wzoru:  
XXX
4. Wyprowadzić wzór z punktu 3.



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

