

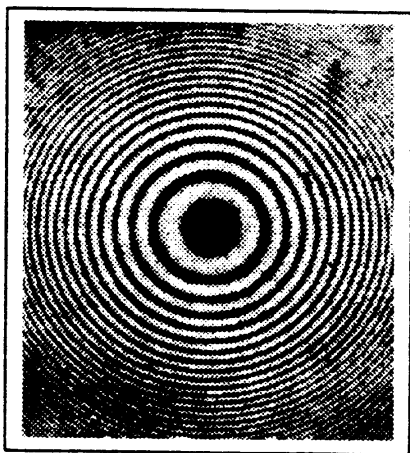
WYZNACZANIE PROMIENIA KRZYWIZNY SOCZEWKI I DŁUGOŚCI FALI ŚWIETLNEJ ZA POMOCĄ PIERŚCIENI NEWTONA

Cel ćwiczenia: poznanie prążków interferencyjnych równej grubości, wykorzystanie tego zjawiska do celów pomiarowych.

Zagadnienia: zjawisko interferencji światła, prążki interferencyjne równej grubości, prążki Newtona.

81.1. Wprowadzenie

Przed czytaniem poniższego tekstu należy zapoznać się z zagadnieniami opisanymi w rozdziale W1 „Wstęp do ćwiczeń z interferencji i dyfrakcji światła” podrozdziały: W1.1, W1.2 i W1.3.



Rys. 81.1. Obraz prążków Newtona

Szczególnym przypadkiem interferencji są tzw. pierścienie Newtona. Można je łatwo zaobserwować, jeśli na płaskiej płytce szklanej, zwanej sprawdzianem, umieści się (jak na rys. 81.2) soczewkę płaskowypukłą. Między powierzchnią płaską sprawdzianu a sferyczną soczewki tworzy się klin powietrzny o zmiennym kącie. Prążki interferencyjne równej grubości tworzące się w takim klinie mają

kształt kolisty (rys. 81.1). W miarę wzrostu odległości od środkowego, ciemnego prążka (a raczej dysku), utworzonego w miejscu styku obu powierzchni, kolejne prążki coraz bardziej się zagęszczają aż przestają być rozróżnialne.

Uwaga: Niekiedy zdarza się, że prążek zerowy jest jasny, co oznacza, iż obie powierzchnie nie przylegają do siebie. Spowodowane to jest zwykle zanieczyszczeniami powierzchni np. śladami tłuszczu i pyłkami, które należy usunąć.

81.2. Zasada pomiaru i układ pomiarowy

Zasada pomiaru promienia krzywizny R_s soczewki (lub długości fali świetlnej λ) polega w zasadzie na bezpośrednim pomiarze średnicy określonego kołowego prążka interferencyjnego. W praktyce, mierzy się tylko prążki ciemne. Są one węższe od jasnych co wpływa korzystnie na dokładność pomiaru. Zgodnie z (W1.28) otrzymuje się następującą zależność:

$$h_K = \frac{K \lambda}{2}, \quad K = 0, 1, 2, \quad (81.1)$$

gdzie h_K jest wysokością klina dla K-tego ciemnego prążka, zaś λ jest długością fali w powietrzu. Różnica wysokości $\Delta h = h_{K+1} - h_K$ między kolejnymi prążkami $K+1$ i K wynosi $\lambda/2$. Prążki interferencyjne są więc warstwicami określającymi przyrost wysokości o $\lambda/2$. Korzystając z rys. 81.2 można napisać

$$(R_s - h_K)^2 + r_K^2 = R_s^2.$$

Stąd

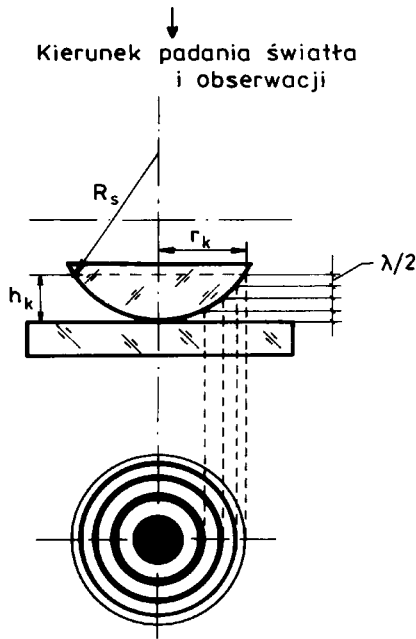
$$R_s = \frac{r_K^2 + h_K^2}{2h_K},$$

a po podstawieniu (81.1)

$$R_s = \frac{r_K^2 + h_K^2}{K \lambda}.$$

Wartość r_K^2 jest na ogół kilka milionów razy większa od h_K^2 , tak więc bez popełnienia dostrzegalnego błędu można ostatecznie w przybliżonej postaci napisać

$$R_s = \frac{r_K^2}{K \lambda}, \quad K = 0, 1, 2 \quad (81.2)$$

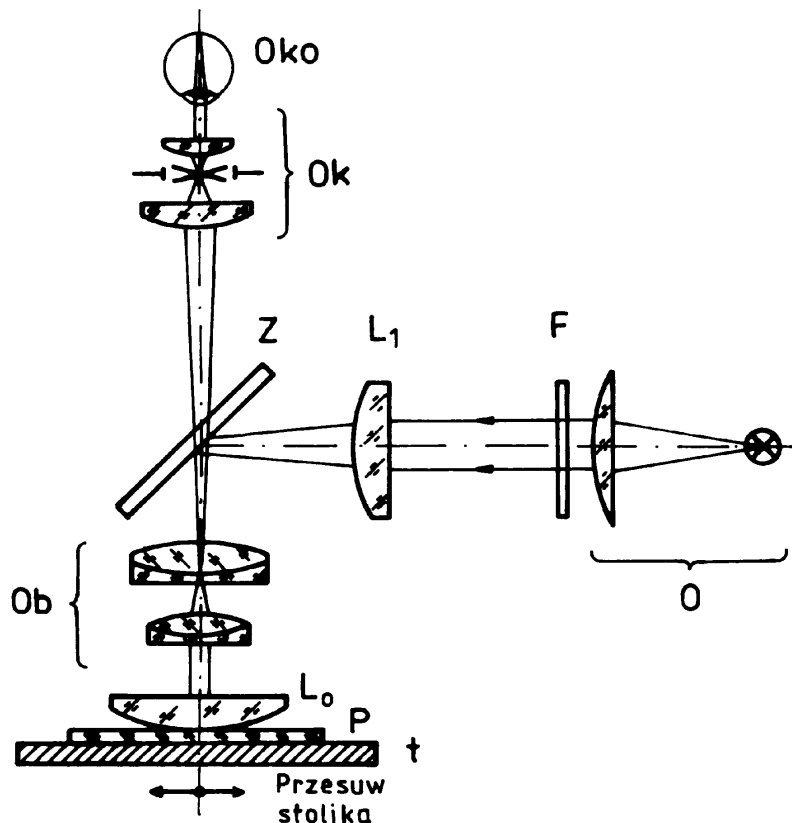


Rys. 81.2. Prążki interferencyjne układają się warstwicowo

Znając promień r_K K -tego prążka kołowego można obliczyć wielkość promienia krzywizny soczewki R_s . W tym celu należy posłużyć się odpowiednim przyrządem, umożliwiającym dogodną obserwację prążków oraz pomiar ich średnic. W najprostszym przypadku, gdy prążki nie są zagęszczone, do pomiaru średnicy można użyć zwykłej podziałki milimetrowej, umieszczonej na górnej powierzchni płytki. Oczywiście, przy tak prostym urządzeniu, nie należy oczekiwać dużej dokładności pomiaru. Dokładność tę można znacznie zwiększyć dostosowując do pomiarów

odpowiedni mikroskop. Schemat optyczny jednego z możliwych rozwiązań pokazano na rys. 81.3.

Takim urządzeniem będziemy posługiwali się na ćwiczeniach w pracowni. Jest to mikroskop, na stoliku którego umieszcza się płaskorównoległą płytkę szklaną P . Na taką płytkę nakłada się mierzoną soczewkę płaskowypukłą L_0 . Oba elementy są oświetlone przez obiektyw mikroskopu równoległą wiązką światła monochromatycznego za pomocą oświetlacza O z filtrem F monochmatyzującym światło, soczewki L_1 i półprzepuszczalnego zwierciadła Z , umieszczonego nad obiektywem mikroskopu.



Rys. 81.3. Schemat mikroskopu do pomiaru pierścieni Newtona: t – przesuwany stolik mikroskopu, p – szklana płytka płaskorównoległa, L_0 – mierzona soczewka, Ob – obiektyw mikroskopu, Z – zwierciadło półprzeźroczyste dzielące światło, Ok – okular, O – oświetlacz, F – wymienny filtr, L_1 – soczewka

Okular *OK* mikroskopu wyposażony jest w tzw. krzyż celowniczy. W płaszczyźnie tego krzyża tworzy się obraz prążków interferencyjnych Newtona.

Na rys. 81.3 strzałkami zaznaczono kierunek przesuwu stolika mikroskopowego. Wielkość przesuwu mierzy się czujnikiem zegarowym.

81.3. Zadania do wykonania

A) Pomiary

W ćwiczeniu należy wyznaczyć promień krzywizny R_s soczewki wskazanej przez prowadzącego ćwiczenia oraz długość fali λ światła przepuszczanego przez filtr monochromatyczny, wskazany przez prowadzącego.

W tym celu należy :

- Ustawić mikroskop na podstawce tak, aby oświetlacz był w przybliżeniu na osi kondensora L_1 (rys. 81.3).
- Powierzchnie soczewki i płytki płaskorównoległej przemyć alkoholem, przetrzeć do sucha czystą flanelą i przedmuchać gumową gruszką.
- Położyć mierzoną soczewkę na płytce tak, aby jej strona wypukła stykała się z płytką i umieścić je na stoliku mikroskopu.

Stolik winien być ustawiony w położeniu środkowym. Należy starać się ustawić soczewkę tak, aby środkowy (zerowy) ciemny prążek wypadał mniej więcej w środku pola widzenia mikroskopu. Mikroskop nastawić na ostre widzenie obrazu prążków.

Wyznaczanie promienia krzywizny R_s soczewki

Zmierzyć średnice przynajmniej pięciu ciemnych prążków o możliwie dużych średnicach. Można to zrobić w sposób następujący:

- Pokręcając śrubą stolika liczy się ilość kolejnych ciemnych prążków przesuwających się (np. w lewo) przez pionową kreskę krzyża. Każdemu z prążków odpowiada określony rząd interferencji K .
- Naprowadzić środek K -tego wybranego prążka na pionowe ramie krzyża i odczytać wskazania a_1 czujnika. Przesuwając stolik w kierunku przeciwnym odczytać wskazania a_2 dla tego samego prążka. Różnica obu wskazań daje średnicę tego prążka; jego promień wynosi $r_K = 0,5 |a_1 - a_2|$. Obliczyć promień krzywizny soczewki R_s . Pomiar r_K danego prążka powtórzyć wielokrotnie i wyznaczyć dokładność tego pomiaru.
- Wyniki pomiarów, obliczeń i wyznaczania błędów przedstawić w postaci tabeli.

Wyznaczanie długości fali świetlnej

Znając wartość R_s promienia krzywizny soczewki można się nią posłużyć do pomiaru długości fali λ filtru interferencyjnego. W tym celu:

- Na oświetlacz mikroskopu nasadzić badany filtr interferencyjny i zmierzyć (jak wyżej) średnicę K -tego ciemnego prążka. Wyznaczyć błąd pomiaru promienia r_K . Pomiar powtórzyć kilkakrotnie dla różnych wartości K .
- Korzystając z tego, że znana jest już wielkość R_s , obliczyć (z 81.2) długość fali λ dla różnych wartości r_K .
- Wyniki pomiarów i obliczeń przedstawić w tabeli. Osobno przedstawić przykładowe obliczenia.

B) Ocena błędów

Przeprowadzając dyskusję błędów należy wpierw ocenić dokładność odczytów, następnie obliczyć błąd względny i bezwzględny wyznaczania promienia R_s . Podczas obliczania błędu $\Delta\lambda$ należy uwzględnić również błąd ΔR_s .