

Ćwiczenie nr 65

Wyznaczanie promienia krzywizny soczewki za pomocą pierścieni Newtona

1 Wstęp teoretyczny

Interferencja światła i spójność

Interferencja jest zjawiskiem charakterystycznym dla ruchów falowych, obserwowanym, gdy fale nakładają się na siebie. Zjawisko to jest ściśle związane z pojęciem spójności (koherencji) fal. Gdy fale pochodzące ze spójnych źródeł (np. drgających ze stałą częstością) interferują, powstaje regularna struktura miejsc, w których drgania się wygaszają i wzmacniają (Dryński, 1976).

Warunki interferencji i prążki jednakowej grubości

Wzmocnienie (maksimum) występuje, gdy różnica dróg optycznych interferujących promieni jest równa całkowitej wielokrotności długości fali ($k\lambda$), a wygaszenie (minimum) dla nieparzystej wielokrotności połówek długości fali ($(2k + 1)\frac{\lambda}{2}$). Należy uwzględnić ewentualną zmianę fazy o π (odpowiadającą zmianie drogi optycznej o $\lambda/2$) przy odbiciu od ośrodka optycznie gęstszego (Dryński, 1976).

W przypadku oświetlenia cienkiej płytki o zmiennej grubości światłem rozciągniętym, obserwuje się prążki interferencyjne umiejscowione na powierzchni płytki, biegnące przez punkty o jednakowej grubości. Są to tzw. **krzywe jednakowej grubości** (Dryński, 1976).

Pierścienie Newtona

Najdogodniejszym sposobem uzyskania regularnych prążków jednakowej grubości jest użycie **zestawu Newtona**. Składa się on z płasko-równoległej płytki szklanej i soczewki płasko-wypukłej o dużym promieniu krzywizny, położonej wypukłą stroną na płytce. Między soczewką a płytką tworzy się klin powietrzny o grubości d rosnącej wraz z odległością r od punktu styku (Dryński, 1976).

Gdy układ jest oświetlony prostopadle światłem jednorodnym (monochromatycznym), interferencja zachodzi między promieniami odbitymi od dolnej powierzchni soczewki i od górnej powierzchni płytki szklanej. Ponieważ grubość klina powietrznego jest stała wzdłuż okręgu o

środku w punkcie styku, powstają koncentryczne prążki interferencyjne zwane **pierścieniami Newtona**. W centrum obserwuje się ciemny prążek ($k = 0$), gdyż przy odbiciu od płytki szklanej (ośrodek gęstszy) następuje zmiana fazy o π (Dryński, 1976).

Dla padania prostopadłego ($\cos \beta \approx 1$), warunek na k -ty ciemny pierścień (minimum), uwzględniający zmianę fazy przy odbiciu od płytki, ma postać:

$$2nd = k\lambda$$

Dla klina powietrznego ($n = 1$):

$$2d_k = k\lambda$$

gdzie d_k to grubość warstwy powietrza dla k -tego ciemnego pierścienia ($k = 0, 1, 2, \dots$) (Dryński, 1976).

Zasada pomiaru promienia krzywizny soczewki

Grubość warstwy powietrza d w odległości r od punktu styku można powiązać z promieniem krzywizny R soczewki. Z geometrii układu (rys. 157 w (Dryński, 1976)) wynika zależność $2Rd - d^2 = r^2$. Ponieważ d jest bardzo małe w porównaniu z R , można pominąć człon d^2 , co daje przybliżony wzór:

$$d \approx \frac{r^2}{2R}$$

Podstawiając to do warunku na k -ty ciemny pierścień ($2d_k = k\lambda$), otrzymujemy:

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

$$r_k^2 = kR\lambda$$

gdzie r_k to promień k -tego ciemnego pierścienia. Stąd można wyznaczyć promień krzywizny soczewki R :

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

Aby uniknąć błędu związanego z niedokładnym wyznaczeniem środka pierścieni, mierzy się średnice dwóch ciemnych pierścieni, k -tego i $(k + m)$ -tego, a następnie wykorzystuje różnicę kwadratów ich promieni:

$$r_{(k+m)}^2 - r_k^2 = (k + m)R\lambda - kR\lambda = mR\lambda$$

Znając długość fali światła sodowego λ , mierząc promienie (lub średnice) pierścieni r_k i $r_{(k+m)}$ oraz znając m , można wyznaczyć promień krzywizny soczewki R (Dryński, 1976).

2 Opracowanie wyników pomiarów

2.1 Tabele pomiarowe

Dla wybranych prążków (nr 2-6 licząc od środkowego prążka) zmierzono położenia ich lewego i prawego brzegu (oznaczone odpowiednio x_{min} i x_{max}) oraz dolnego i górnego (oznaczone odpowiednio y_{min} i y_{max}). Ze względu na niezerową grubość prążków pomiary w osi X dokonywano do lewej krawędzi prążków, w osi Y do ich dolnej krawędzi. Wszystkie pomiary zostały zapisane w tabeli 1.

Numer pierścienia	x_{\max} [10^{-3} m]	x_{\min} [10^{-3} m]	y_{\max} [10^{-3} m]	y_{\min} [10^{-3} m]
2	23,62	19,89	7,92	4,23
3	24,21	19,34	8,54	3,70
4	24,58	18,78	8,89	3,23
5	25,09	18,44	9,39	2,86
6	25,38	18,04	9,72	2,46

Tabela 1: Pomiary położenia lewej (x_{\min}), prawej (x_{\max}), dolnej (y_{\min}) i górnej (y_{\max}) krawędzi prążków.

Literatura

Dryński, T. (1976). *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 5 edition.