

LASERY I ICH ZASTOSOWANIE W MEDYCYNIE

Laboratorium

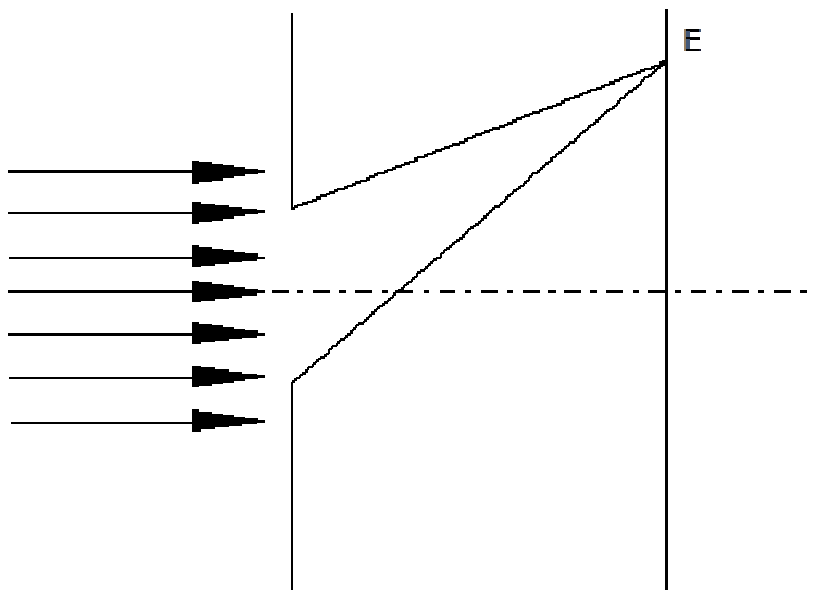
Instrukcja do ćwiczenia nr 6

Temat: Pomiar grubości włosa

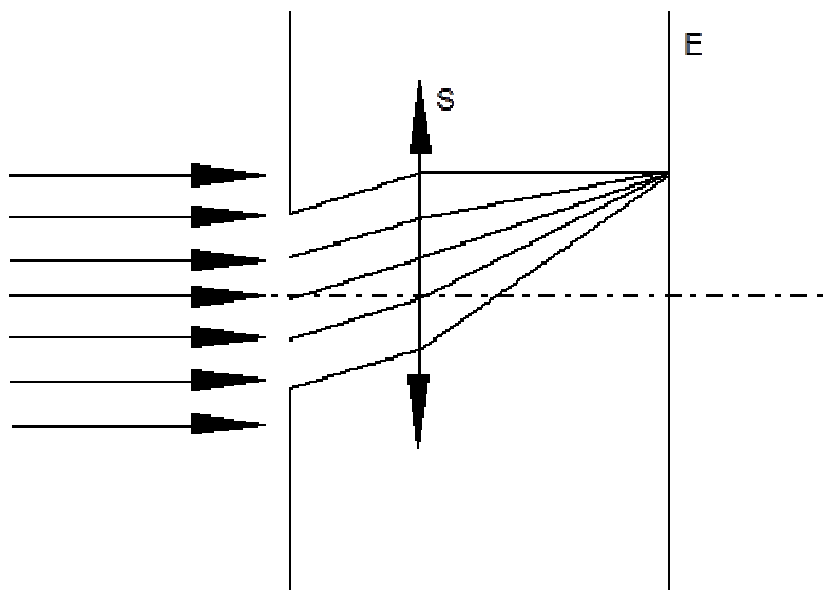
Wprowadzenie do tematyki ćwiczenia

Dyfrakcja światła to zjawisko polegające na uginaniu się promieni świetlnych przechodzących w pobliżu przeszkody np. brzegu szczeliny. Zjawisko dyfrakcji związane jest z falową naturą światła i nie może być wyjaśnione na gruncie praw optyki falowej, zachodzi ono dla wszystkich długości fal. Efekty dyfrakcyjne są wyraźne w przypadkach gdy przeszkoda ma rozmiary porównywalne z długością fali świetlnej. Ponieważ długości fal widzialnych zawierają się w zakresie od około 400 do 700 nm to najczęściej (w większości przypadków) efekty dyfrakcyjne dla światła widzialnego są małe i ich nie dostrzegamy.

Rozróżniamy dwa rodzaje dyfrakcji światła: dyfrakcję Fresnela (rys. 1), oraz dyfrakcję Fraunhofera (rys. 2). Pierwsza z nich jest dyfrakcją na wiązce promieni zbieżnych, zaś druga na wiązce promieni równoległych. W przypadku dyfrakcji Fresnela natężenie światła w punkcie P (na ekranie C) dają promienie ugięte pod różnymi kątami θ , natomiast w przypadku dyfrakcji Fraunhofera tylko promienie ugięte pod takim samym kątem θ .

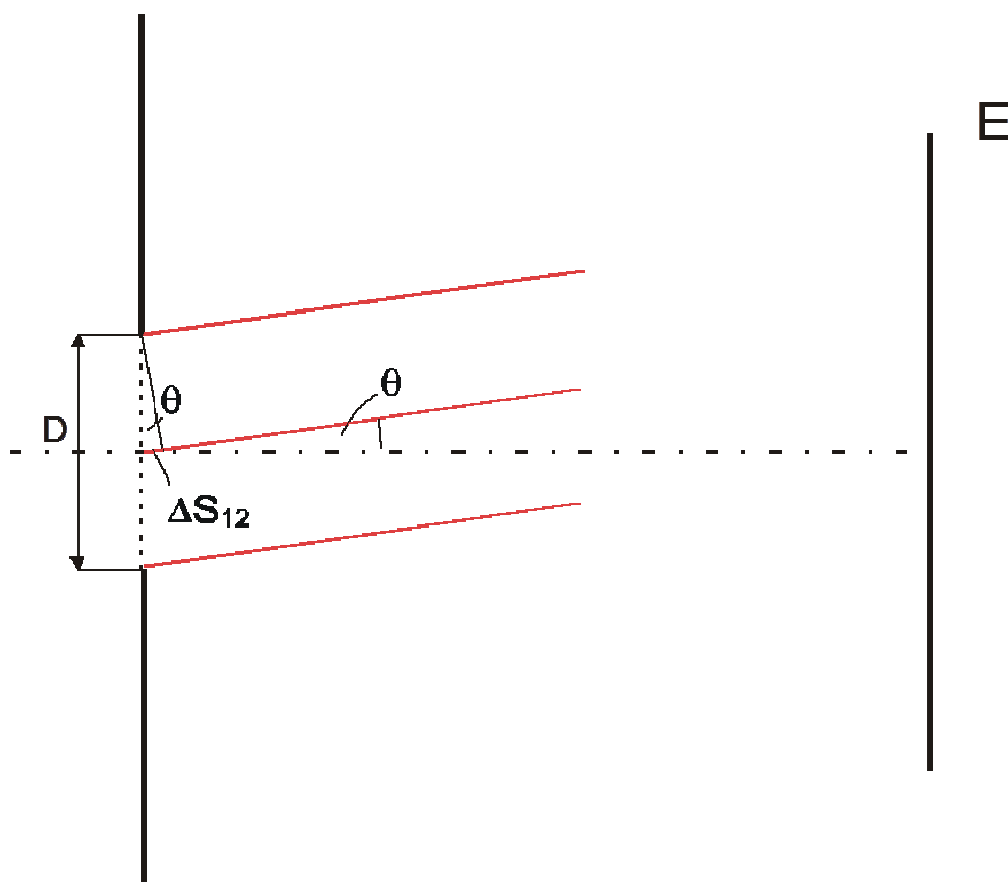


Rys. 1. Dyfrakcja Fresnela.



Rys. 2. Dyfrakcja Fraunhofera.

Rozpatrzmy dyfrakcję Fraunhofera dla przypadku wąskiej długiej szczeliny. Dzieląc myślowo szczelinę o szerokości D na dwie o szerokości $D/2$ można znaleźć warunek na minima dyfrakcyjne (rys. 3).



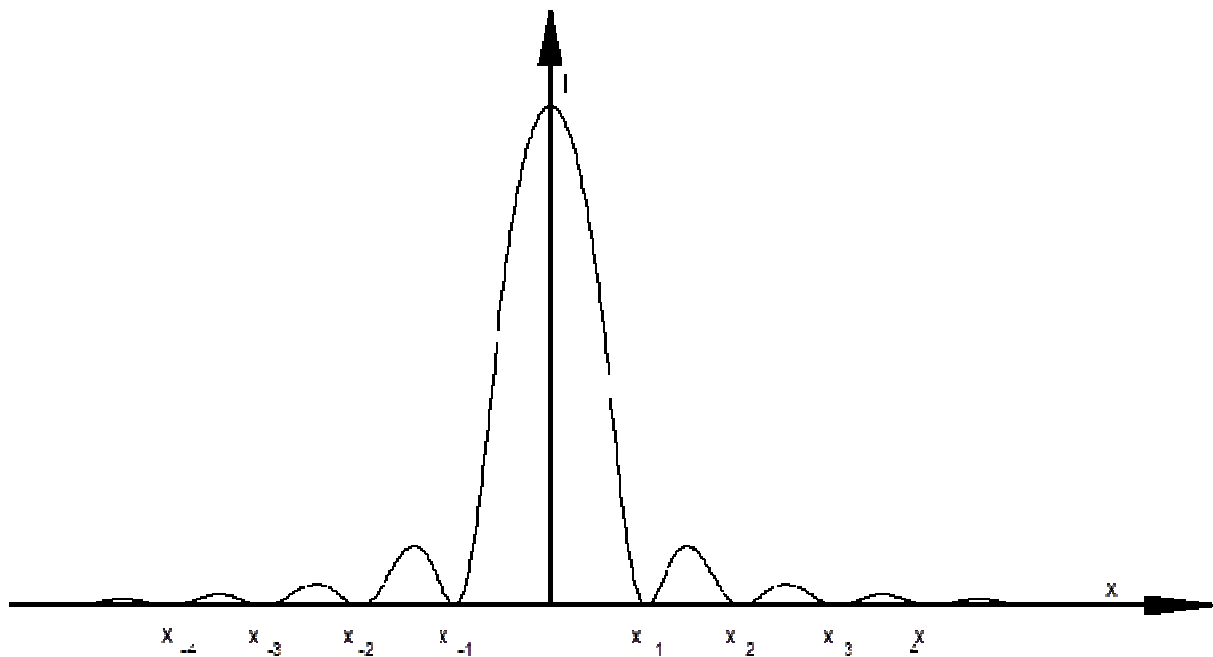
Rys. 3. Dyfrakcja na szczelinie o szerokości D .

Różnica dróg optycznych ΔS_{12} wynosi: $\sin \theta = \frac{2\Delta S_{12}}{D}$

Pierwsze minimum dyfrakcyjne otrzymujemy dla różnicy dróg równej połowie długości fali: $\Delta S_{12} = \frac{1}{2}\lambda$

Po podstawieniu otrzymamy warunek na pierwsze minimum $D \sin \theta = \lambda$ oraz na dowolne minimum $D \sin \theta = \pm k\lambda$ gdzie jest liczbą całkowitą bez zera (dla $k = 0$ otrzymamy maksimum).

Dokonując pełnej analizy otrzymamy rozkład natężenia światła w obrazie dyfrakcyjnym szczeliny (rys. 4).



Rys. 3. Dyfrakcja na szczelinie o szerokości D .

Opisuje go zależność:

$$I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{2\pi D x}{\lambda 2 f}\right)}{\left(\frac{2\pi D x}{\lambda 2 f}\right)^2}$$

gdzie:

I – natężenie światła na ekranie,

x – współrzędna wzdłuż obrazu dyfrakcyjnego na ekranie,

f – odległość szczeliny od ekranu,

ponieważ $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^2\left(\frac{2\pi D x}{\lambda 2 f}\right)}{\left(\frac{2\pi D x}{\lambda 2 f}\right)^2} = 1$ więc dla $x = 0$ $I = I_0$

natomiast minima występują dla następujących wartości x :

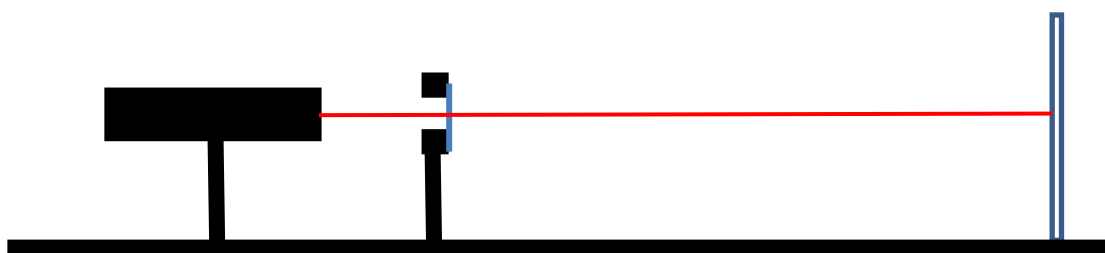
$$\frac{2\pi D x}{\lambda 2 f} = k\pi \rightarrow x = \frac{k\lambda f}{D}$$

Zasada Babineteta: jeżeli obszary nieprzezroczyste i przezroczyste są obszarami dopełniającymi to obrazy dyfrakcyjne są identyczne.

Przebieg ćwiczenia

Pomiary:

1. Zestawić układ pomiarowy zgodnie z rysunkiem, gdzie patrząc od lewej strony widoczny jest laser, uchwyt z zamocowanym włosiem i ekran. Położenie włosa ustalić tak, aby na ekranie widocznych był wyraźny obraz dyfrakcyjny. Odległość włosa od ekranu (f) powinna być możliwie duża. W celu poprawy widoczności obrazu dyfrakcyjnego można stosować specjalną przesłonę wycinającą bezpośrednią wiązkę laserową.



2. Zmierzyć odległości x_k pomiędzy prążkiem zerowego rzędu, a kolejnym k -tym minimum. Wyniki zapisać w tabeli:

k	x_k , mm	l_k , mm	D_k , mm
1			
2			
3			
...			

3. Zmierzyć średnicę włosa za pomocą śruby mikrometrycznej. **Uwaga:** pomiary śrubą mikrometryczną wykonywać po zmierzeniu włosa metodą dyfrakcyjną.
4. Kroki 1-3 powtórzyć dla trzech włosów.

Obliczenia:

Dla każdego z trzech włosów przeprowadzić następujące obliczenia:

1. Korzystając z zależności

$$l_k = x_k - x_{k-1} \text{ dla ujemnych } k \quad l_k = x_k - x_{k+1}$$

obliczyć odległości pomiędzy sąsiednimi minimami.

2. Dla każdego minimum obliczyć średnicę włosa D_k (przyjmując uproszczenie $\sin\theta \approx \tan\theta$)

$$D_k = \lambda \frac{f}{l_k}$$

gdzie:

λ - długość fali lasera,

f - odległość włosa od ekranu.

3. Obliczyć średnią wartość grubości włosa \bar{D} oraz jej niepewność $u(\bar{D})$ metodą typu A.
4. Wyliczyć rozszerzone niepewności pomiarowe i zapisać wyniki.
5. Sprawdzić zgodność otrzymanych wyników z pomiarami wykonanymi za pomocą śruby mikrometrycznej.
6. Zapisać wnioski z doświadczenia.