

LASERY I ICH ZASTOSOWANIE W MEDYCYNIE

Laboratorium

Instrukcja do ćwiczenia nr 5

Temat: Wyznaczanie nieznanymi długości fali wiązki
laserowej

I. Zagadnienia do samodzielnego opracowania

1. Równanie fali i znaczenie występujących tu wielkości.
2. Charakterystyczne cechy promieniowania laserowego.
3. Opis analityczny zjawiska dyfrakcji i interferencji fal.
4. Siatka dyfrakcyjna – układ prążków.

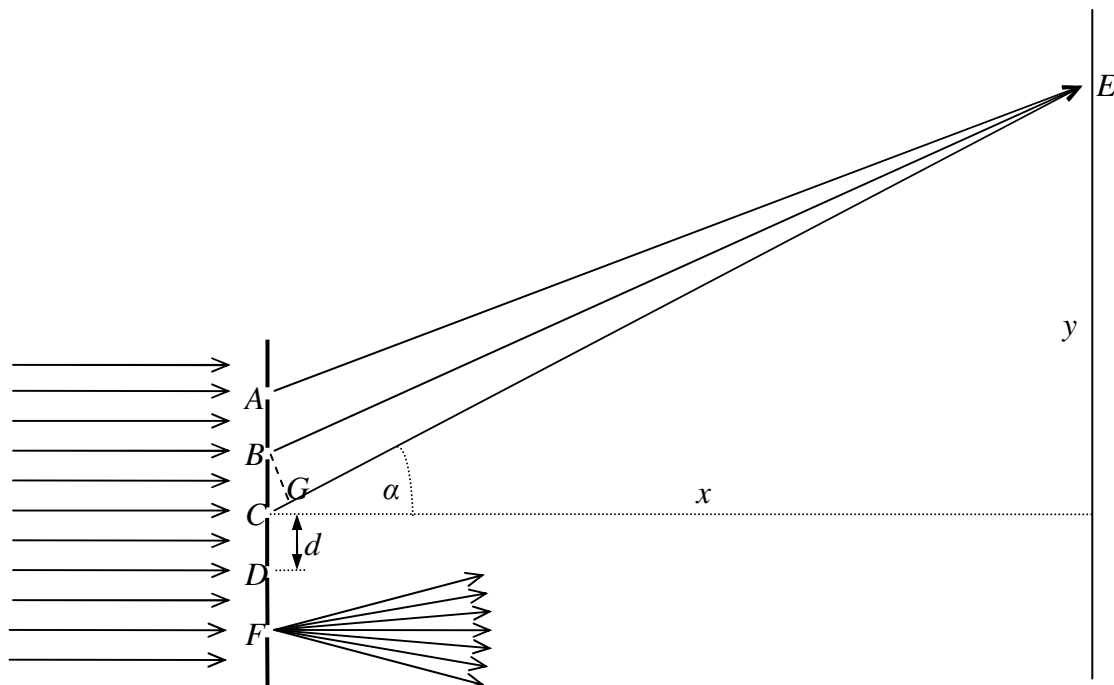
II. Wprowadzenie

Celem ćwiczenia jest pomiar długości fali wiązki laserowej z wykorzystaniem siatki dyfrakcyjnej.

Siatką dyfrakcyjną nazywamy zbiór dużej liczby równoległych szczelin oddzielonych równoległymi przegrodami nieprzepuszczającymi światła. W praktyce wystarczy jednak, żeby przezroczysty materiał siatki w miejscu szczelin różnił się jakkolwiek cechą optyczną od miejsc nazywanych przegrodami, np. transmisyjnością, współczynnikiem załamania. Najczęściej siatkę dyfrakcyjną uzyskuje się przez zarysowanie powierzchni szklanej równoodległymi rowkami.

a. Zasada pomiaru

Jeżeli siatkę oświetlimy światłem, to zgodnie z zasadą Huyghensa każda szczelina staje się źródłem fali walcowej. Promień świetlny padający na szczelinę ulega ugięciu we wszystkich kierunkach tak, jak to pokazano na rys. 1 dla szczeliny F . Do każdego miejsca za siatką docierają fale cząstkowe z wszystkich otworów i interferują ze sobą. W miejscach na ekranie, gdzie fazy wszystkich docierających fal są zgodne, następuje wzmocnienie i obserwujemy tam jasny prążek.



Rys. 1. Tworzenie się wzmocnienia fal dla promieni ugiętych pod kątem α .

Ponieważ ekran jest bardzo daleko, promienie wychodzące ze wszystkich szczelin możemy uznać za w przybliżeniu równoległe. Dwa sąsiednie promienie docierające pod kątem α do punktu E ekranu różnią się długością swoich dróg o długość odcinka

CG, oznaczoną przez Δ , którą można obliczyć wiedząc, że kąt CBG jest także równy α :

$$\Delta = d \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Warunkiem wzmocnienia (dodatniej interferencji) jest to, żeby wszystkie fale docierające do punktu E były zgodne w fazie, czyli żeby różnica dróg optycznych sąsiednich promieni była równa całkowitej wielokrotności długości fali λ :

$$\Delta = n \lambda \quad (2)$$

Prowadzi to do warunku na kąt, pod którym powstaje n -ty prążek:

$$\sin \alpha = \frac{n \lambda}{d} \quad (3)$$

Znając długość fali λ_0 lasera wzorcowego, można stąd wyznaczyć nieznaną stałą d siatki dyfrakcyjnej, wcześniej obliczywszy $\sin \alpha$ ze zmierzonej odległości x siatki od ekranu i współrzędnej y_0 prążka:

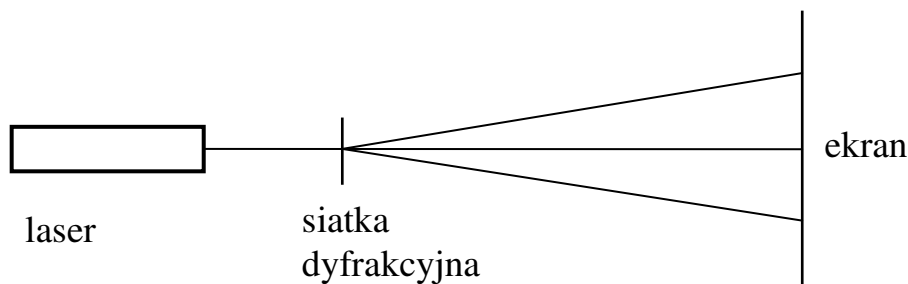
$$d = n \lambda_0 \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{y} \quad (4)$$

Tak wyznaczoną stałą siatki d można się posłużyć w celu obliczenia nieznannej długości fali λ światła lasera mierzonego, powtarzając pomiary jeszcze raz, tym razem z użyciem mierzonego lasera. W tym celu przekształcamy wzór (4) dostając

$$\lambda = \frac{d \cdot y}{n \sqrt{x^2 + y^2}} \quad (5)$$

III. Przebieg ćwiczenia.

Pomiar długości fali wiązki laserowej.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego

Układ pomiarowy przedstawia rys. 2. Ustawić laser wzorcowy o znanej długości fali λ_0 . Odczytać odległość x siatki dyfrakcyjnej od ekranu, zmierzyć odległości y_k każdego prążka od prążka zerowego uwzględniając prążki o numerach dodatnich i ujemnych. Zmieniając odległość x kontynuować pomiary aby uzyskać przynajmniej 10 punktów pomiarowych. Odległość x powinna wynosić przynajmniej kilkanaście centymetrów, większa odległość zapewnia dokładniejsze pomiary. W miejsce lasera wzorcowego ustawić badane lasery i dokonać analogicznych pomiarów. Wyniki zapisać w tabelce.

Opis lasera	x []	y ₁ []	y ₂ []	y ₋₁ []	y ₋₂ []

IV. Obliczenia

1. Dla lasera wzorcowego obliczyć stałą d siatki dyfrakcyjnej wg wzoru (4) dla każdego punktu pomiarowego.
2. Znaleźć wartość średnią stałej siatki dyfrakcyjnej i obliczyć jej niepewność metodą typu A.
3. W przypadku badanych laserów obliczamy długość fali λ wg wzoru (5) dla każdego punktu pomiarowego. i znajdujemy wartość średnią ich długości fali.
4. Niepewność długości fali badanych laserów liczymy jako niepewność złożoną typu AB:

$$u(\lambda) = \sqrt{[u(\lambda_A)]^2 + [u(\lambda_B)]^2}$$

gdzie $u(\lambda_A)$ to niepewność wartości średniej liczona metodą typu A, natomiast $u(\lambda_B)$ wyznaczamy metodą przenoszenia niepewności ponieważ wynika ona z niepewności stałej d siatki dyfrakcyjnej.

Literatura.

1. J. Massalski, M. Massalska, *Fizyka dla inżynierów*, t.1, WNT, Warszawa 2001.
2. R. Resnick, D. Halliday, *Fizyka*, t. III, PWN, Warszawa 2010