



ĆWICZENIE 84

WYZNACZANIE DŁUGOŚCI FALI ŚWIETLNEJ ZA POMOCĄ SIATKI DYFRAKCYJNEJ

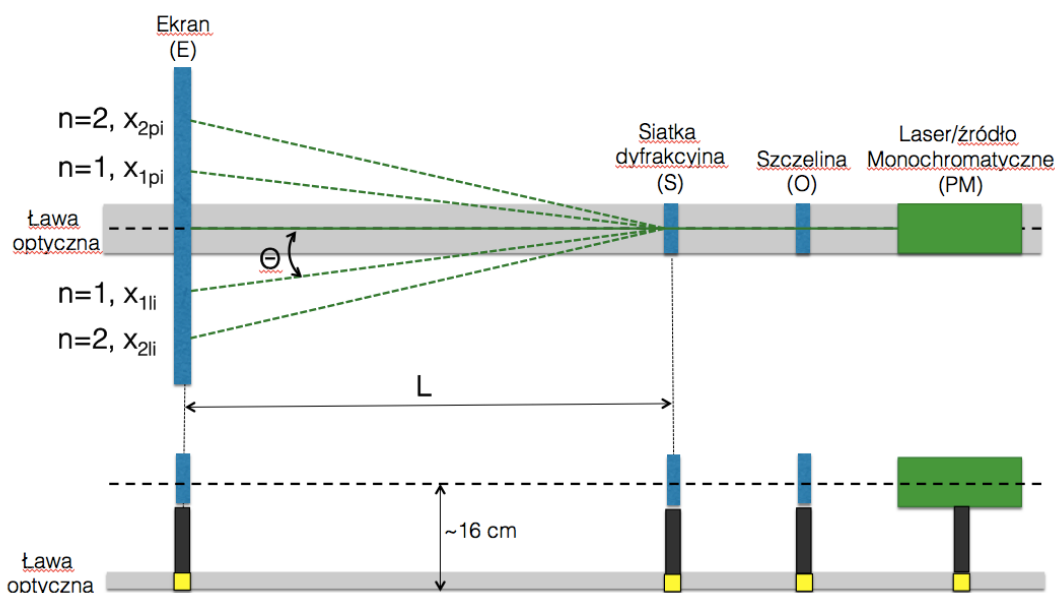
1. Wykaz przyrządów

- Transmisyjne siatki dyfrakcyjne (S) : typ „A” -50 linii na milimetr oraz typ „B”;
- Laser lub inne źródło światła monochromatycznego (PM);
- Ekran ze skalą milimetrową (E);
- Ława optyczna ze skalą milimetrową;
- Szczelina (O);

2. Cele ćwiczenia

- Wyznaczenie długości fali emisji lasera lub innego źródła światła monochromatycznego;
- Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej;

3. Schemat układu pomiarowego



Rys.1 Schemat układu eksperymentalnego.

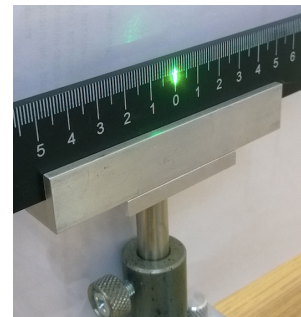
4. Przebieg ćwiczenia

Czynności związane z ustawieniem prawidłowej konfiguracji eksperymentu:

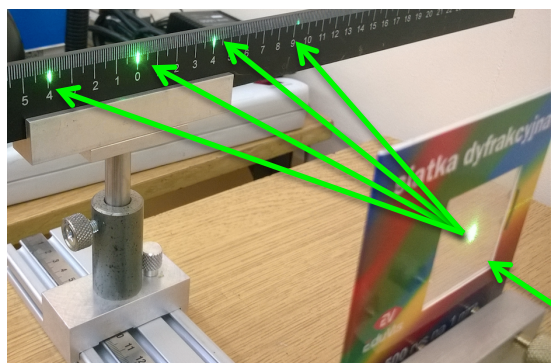
- Zamontuj na jednym z końców ławy optycznej źródło promieniowania monochromatycznego/laser (PM); (Wyjście PM skieruj w oddalony koniec ławy, wyjście PM powinno znajdować się ok. 16 cm nad blatem stołu – patrz dolny schemat Rys.1)
- Zamontuj szczelinę (O) na ławę optyczną; (Środek szczeliny powinien znajdować się ok. 16 cm nad blatem stołu)
- Włącz PM i obserwuj emisję światła;

UWAGA: Nigdy nie patrz bezpośrednio w światło lasera i upewnij się, czy światło laserowe nie rozprasza się na inne układy eksperymentalne. Przy braku ostrożności w tym zakresie może dojść do podrażnienia nerwu wzrokowego;

- (d) Przesuwaj szczelinę O na ławie optycznej od położenia wyjścia źródła monochromatycznego/lasera (PM) do końca ławy i z powrotem. Tak skoryguj pozycję źródła PM, aby w każdym położeniu szczeliny (O) na ławie optycznej światło przechodziło przez jej środek;
- (e) Na drugim końcu ławy optycznej zamontuj ekran E. Światło z monochromatycznego źródła/lasera powinno rozpraszać się na tle skali milimetrowej ekranu. **Uwaga**, ekran powinien być ZAWSZE w pozycji dokładnie prostopadłej do osi ławy optycznej, a korekcja jego położenia podczas pomiarów może wprowadzać istotne błędy w pomiarze. W razie stwierdzenia zmiany położenia ekranu pomiary należy powtórzyć.
- (f) Tak wyreguluj pozycję ekranu E, aby wiązka światła (bez zamontowanej siatki dyfrakcyjnej) rozpraszała się w pozycji "0" na ekranie. Pozycja ta wyznacza projekcję źródła światła bez efektu dyfrakcji (patrz fotografia obok);



- (g) W tak skonfigurowany układ wstaw siatkę dyfrakcyjną (S) pomiędzy źródło światła a ekran, aby wiązka światła przechodziła przez jej środek. Na ekranie powinny być widoczna projekcja obrazu dyfrakcyjnego (podobnie jak na fotografii obok). Jeśli nie widać obrazu dyfrakcyjnego (np. projekcja obrazu dyfrakcyjnego w pionie), skoryguj ustawienie siatki dyfrakcyjnej obracając ją w uchwycie o kąt 90 stopni wzgl. osi wyznaczanej przez bieg promieni światła ze źródła PM.



- (h) Układ jest gotowy do pomiarów

A. Wyznaczenie długości fali emisji lasera lub innego źródła światła monochromatycznego;

- Upewnij się, że układ jest prawidłowo ustawiony i wiązka światła ze źródła monochromatycznego/lasera rozprasza się w pozycji "0" na ekranie;
- Wstaw siatkę dyfrakcyjną oznaczoną literą "A" tak, aby wiązka światła przechodziła przez jej środek. Na ekranie zaobserwuj kolejne rzędy dyfrakcji światła po obu stronach pozycji "0";
- Ustaw siatkę w odległości $L_i \sim 300$ mm od ekranu;
- Odczytaj i zanotuj L_i wraz z niepewnością związaną z odczytem jej wartości - $u(L_i)$, oraz odczytaj pozycję linii dyfrakcyjnych po prawej - x_{npi} , i lewej - x_{nli} stronie pozycji "0" na ekranie wraz odpowiednimi niepewnościami $u(x_{npi})$, $u(x_{nli})$. Odczyt wykonaj dla $n=1,2,3,4,5$ rzędu dyfrakcji dla każdej ustalonej pozycji L_i ;
- Dla kilku (proponowana ilość 5, ostatecznie liczbę wyznacza prowadzący) różnych odległości L_i ekranu od siatki dyfrakcyjnej (przy czym $L_i > 300$ mm i odstęp między kolejnymi L_i nie mniejsze, niż 20 mm) wykonaj czynności z pkt. d.;

B. Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej;

- Upewnij się, że układ jest prawidłowo ustawiony i wiązka światła ze źródła monochromatycznego/lasera rozprasza się w pozycji "0" na ekranie;
- Wstaw siatkę dyfrakcyjną oznaczoną literą "B" tak, aby wiązka światła przechodziła przez jej środek. Na ekranie zaobserwuj kolejne rzędy dyfrakcji światła po obu stronach pozycji "0";
- Ustaw siatkę w odległości $L_i \sim 50$ mm od ekranu;

- d. Odczytaj i zanotuj L_i wraz z niepewnością związaną z odczytem jej wartości - $u(L_i)$, oraz odczytaj pozycję linii dyfrakcyjnych po prawej - x_{npi} , i lewej - x_{nli} stronie pozycji "0" na ekranie wraz odpowiednimi niepewnościami $u(x_{npi})$, $u(x_{nli})$. Odczyt wykonaj dla $n=1$ rzędu dyfrakcji dla wszystkich pozycji L_i ;
- e. Dla kilku (proponowana ilość 15, ostatecznie decyduje prowadzący) różnych odległości L_i ekranu od siatki dyfrakcyjnej (przy czym $L_i > 50$ mm i odstęp między kolejnymi L_i nie mniejsze niż 10 mm) wykonaj czynności z pkt. d.;

5. Opracowanie wyników

A. Wyznaczenie długości fali emisji lasera lub innego źródła światła monochromatycznego

- i. Dla każdego z rzędów dyfrakcji $n=1,2,3,4,5$ oraz odległości L_i ekranu od siatki oblicz wartość średnią odległości linii dyfrakcyjnej od pozycji zerowego rzędu dyfrakcji:

$$\bar{x}_{n,i} = \frac{x_{nli} + x_{npi}}{2}$$

wyznacz niepewność $u(\bar{x}_{n,i})$.

- ii. Wykonaj obliczenia odpowiedniego sinusa kąta ugięcia:

$$\sin \theta_{n,i} = \frac{\bar{x}_{n,i}}{\sqrt{\bar{x}_{n,i}^2 + L_i^2}}$$

- iii. Oblicz niepewność wyznaczenia sinusa kąta ugięcia dla danego rzędu dyfrakcji n i odległości L_i :

$$u_c(\sin \theta_{n,i}) = \sqrt{\left(\frac{L_i \bar{x}_{n,i}}{(L_i^2 + \bar{x}_{n,i}^2)^{3/2}} \right)^2 u^2(L) + \left(\frac{L_i^2}{(L_i^2 + \bar{x}_{n,i}^2)^{3/2}} \right)^2 u^2(\bar{x}_{n,i})}$$

- iv. Oblicz długość fali emisji światła emitowanego przez laser/źródło monochromatyczne zgodnie z zależnością:

$$\lambda_{n,i} = \frac{d \cdot (\sin \theta_{n,i})}{n}$$

gdzie: $n=1,2,3,\dots$ są kolejnymi ustalonymi rzędami dyfrakcji, i - oznacza indeks kolejnego położenia L_i ;

- v. Ze wszystkich uzyskanych wartości $\lambda_{n,i}$ wyznacz wartość średnią $\bar{\lambda}$ długości fali emisji oraz jej niepewność standardową $u(\bar{\lambda})$;

B. Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej;

- i. Dla każdej odległości L_i i $n=1$ rzędu dyfrakcji oblicz wartość średnią odległości linii dyfrakcyjnej od pozycji linii zerowego rzędu dyfrakcji:

$$\bar{x}_i = \frac{x_{li} + x_{pi}}{2}$$

wyznacz niepewność $u(\bar{x}_i)$.

- ii. Wykonaj obliczenia odpowiedniego sinusa kąta ugięcia:

$$\sin \theta_i = \frac{\bar{x}_i}{\sqrt{\bar{x}_i^2 + L_i^2}}$$

- iii. Oblicz niepewność sinusa kąta ugięcia:

$$u_c(\sin \theta_i) = \sqrt{\left(\frac{L_i \bar{x}_i}{(L_i^2 + \bar{x}_i^2)^{3/2}} \right)^2 u^2(L_i) + \left(\frac{L_i^2}{(L_i^2 + \bar{x}_i^2)^{3/2}} \right)^2 u^2(\bar{x}_i)}$$

- iv. Wyznacz wartość średnią $\overline{\sin \theta}$ oraz odchylenie standardowe $u(\overline{\sin \theta})$;

- v. Wyznaczonego stałą siatki dyfrakcyjnej d ze wzoru:

$$d = \frac{n\bar{\lambda}}{\overline{\sin \theta}} \Bigg|_{n=1}$$

- vi. Podaj wartość niepewność związaną z wyznaczeniem stałej siatki dyfrakcyjnej zgodnie ze wzorem:

$$u_c(d) = \sqrt{\left(\frac{n}{\overline{\sin \theta}} \right)^2 u^2(\bar{\lambda}) + \left(\frac{n\bar{\lambda}}{\overline{\sin \theta}^2} \right)^2 u^2(\overline{\sin \theta})} \Bigg|_{n=1}$$

6. Proponowane tabele do wykorzystania w zapisie wyników eksperymentu i obliczeń

Tabela 1. Wyniki pomiarów dla części eksperymentalnej "A" – wyznaczenie długości fali źródła monochromatycznego

| Wyniki pomiarów dla wyznaczenia dł. fali linii monochromatycznej źródła | | | | | | |
|--|------------------|-----|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| L_i (mm) | $u(L_i)$ (mm) | n | x_{lni} (mm) | $u(x_{lni})$ (mm) | x_{lpi} (mm) | $u(x_{lpi})$ (mm) |
| | | 1 | | | | |
| | | 2 | | | | |
| | | 3 | | | | |
| | | 4 | | | | |
| | | 5 | | | | |
| | | 1 | | | | |
| | | 2 | | | | |
| | | 3 | | | | |
| | | 4 | | | | |
| | | 5 | | | | |
| | | 1 | | | | |
| | | 2 | | | | |
| | | 3 | | | | |
| | | 4 | | | | |
| | | 5 | | | | |
| | | 1 | | | | |
| | | 2 | | | | |
| | | 3 | | | | |
| | | 4 | | | | |
| | | 5 | | | | |
| | | 1 | | | | |
| | | 2 | | | | |
| | | 3 | | | | |
| | | 4 | | | | |
| | | 5 | | | | |
| | | 1 | | | | |
| | | 2 | | | | |
| | | 3 | | | | |
| | | 4 | | | | |
| | | 5 | | | | |
| Siatka "A" posiada 50 linii/mm | | | | | | |
| Stała siatki "A" : $d(\text{mm}) =$ | | | | | | |

Tabela 2. Wyniki obliczeń dotyczących części eksperymentalnej "A" – wyznaczenie długości fali źródła monochromatycznego.

| Wyniki obliczeń dla wyznaczenia dł. fali linii monochromatycznej źródła | | | | | | |
|--|----------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| $L_{n,i}$ (mm) | $u(L_{n,i})$ (mm) | $\bar{x}_{n,i}$ (mm) | $u(\bar{x}_{n,i})$ (mm) | $\sin \theta_{n,i}$ | $u(\sin \theta_{n,i})$ | $\lambda_{n,i}$ (nm) |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Wartość średnia: | | | | $\bar{\lambda}(\text{nm}) =$ | | |
| Odchylenie standardowe: | | | | $u(\bar{\lambda})(\text{nm}) =$ | | |

Tabela 3. Wyniki pomiarów dla części eksperymentalnej "B" – wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej.

[illegible]

Tabela 4. Wyniki obliczeń dla części "B" – wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej.

[illegible]