

ĆWICZENIE NR 84

WYZNACZANIE DŁUGOŚCI FALI ŚWIETLNEJ ZA POMOCĄ SIATKI DYFRAKCYJNEJ

I. Zestaw przyrządów:

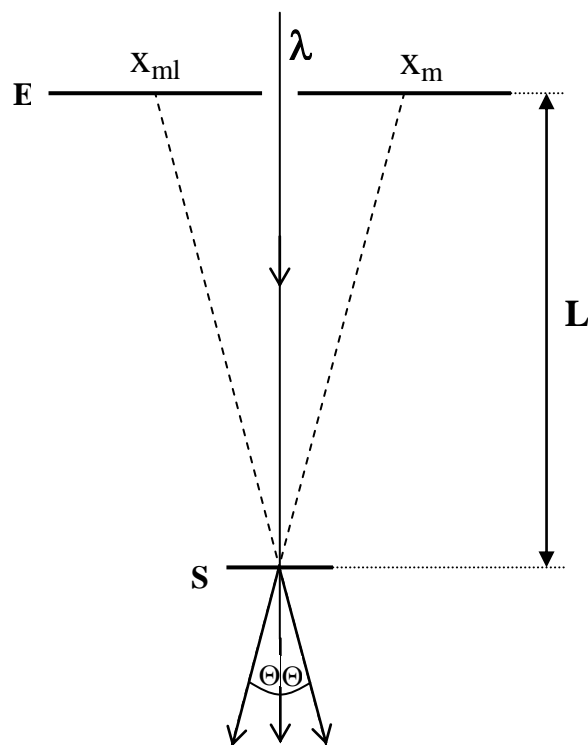
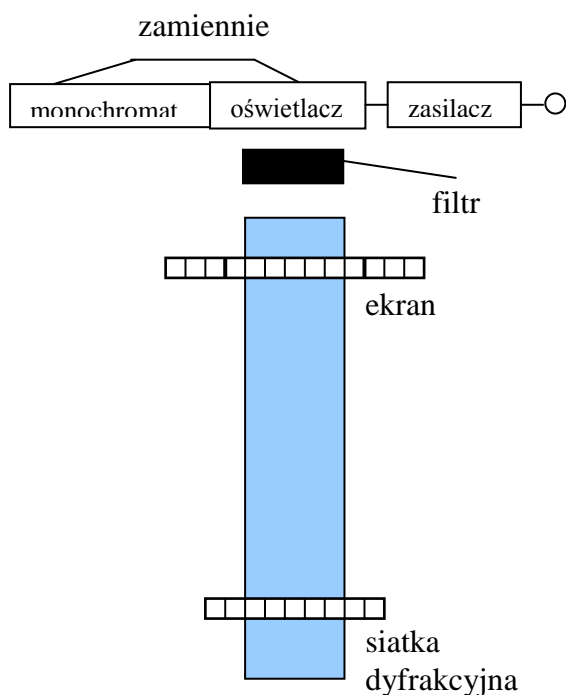
1. Siatki dyfrakcyjne
2. Filtry interferencyjne
3. Monochromator z zasilaczem
4. Oświetlacz z zasilaczem
5. Ekran ze skalą i szczeliną
6. Ława optyczna z podziałką

II. Cel ćwiczenia

1. Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej
2. Wyznaczenie chromatycznej zdolności rozdzielczej oraz dyspersji kątowej siatki dyfrakcyjnej
3. Wyznaczenie długości fal światła przepuszczanego przez filtry interferencyjne

III. Przebieg pomiarów i opracowanie wyników

Schemat układu pomiarowego i bieg promieni świetlnych przedstawiono na rysunkach:



- E – ekran z podziałką milimetrową
 S – siatka dyfrakcyjna
 λ – promień światła o długości fali λ
 L – odległość siatki dyfrakcyjnej od ekranu
 x_{ml}, x_{mp} – odległość pozornych obrazów m -tego rzędu od oświetlonej szczeliny

Zadania podstawowe

1. Wyznaczanie stałej siatki dyfrakcyjnej
 - a) na ławie optycznej w odległości L od ekranu ustawić siatkę dyfrakcyjną, a za ekranem ustawić źródło światła monochromatycznego: monochromator lub oświetlacz z filtrem interferencyjnym,
 - b) wiązkę światła monochromatycznego skierować na szczelinę w ekranie,
 - c) patrząc przez siatkę dyfrakcyjną zaobserwować świecącą szczelinę w ekranie i jej pozorne obrazy na tle ekranu ze skalą,
 - d) przy pomocy ruchomych wskaźówek przymocowanych do ekranu zaznaczyć położenia pozornych obrazów szczeliny tworzonych przez promienie ugięte m – tego rzędu i odczytać ich odległości x_{ml} i x_{mp} od szczeliny
 - e) obliczyć średnią wartość x_m odległości pozornego obrazu od oświetlonej szczeliny $x_m = \frac{x_{ml} + x_{mp}}{2}$ oraz niepewność Δx_m np. metodą różniczki zupełnej
 - f) wyznaczyć sinusy kątów ugięcia dla pierwszego i drugiego rzędu dyfrakcji korzystając ze

wzoru:

$$\sin \Theta_m = \frac{x_m}{\sqrt{L^2 + x_m^2}}$$

- g) pomiar powtórzyć dla innych wartości odległości L i wyznaczyć średnie wartości, $(\sin \Theta_1)_{\text{sr}}$ i $(\sin \Theta_2)_{\text{sr}}$ – czyli $(\sin \Theta_m)_{\text{sr}}$
- h) stałą siatki dyfrakcyjnej wyznaczyć korzystając z danych dla pierwszego i drugiego rzędu dyfrakcji odpowiednio $m = 1$ lub $m = 2$

$$d = \frac{m\lambda}{(\sin \Theta_m)_{\text{sr}}}$$

oraz niepewność Δd np. metodą pochodnej logarytmicznej, a następnie wyznaczyć wartość średnią \bar{d}_{sr} oraz niepewność $\Delta \bar{d}_{\text{sr}}$.

- i) niepewność $\Delta(\sin \Theta_m)$ wyznaczyć np. metodą różniczki zupełnej dla każdego Θ_m , a następnie porównać te wartości z niepewnością pomiaru $\Delta(\sin \Theta_m)_{\text{sr}}$ wynikającą z rozrzutu wyników otrzymanych dla różnych wartości L . Większą z tych wartości przyjąć do obliczenia niepewności pomiaru Δd_m

$$\Delta \sin \Theta = \frac{L \cdot x_m}{(L^2 + x_m^2)^{3/2}} \Delta L + \frac{L^2}{(L^2 + x_m^2)^{3/2}} \Delta x_m$$

- j) w opisany wyżej sposób wyznaczyć stałą siatki dyfrakcyjnej dla innych długości fal,
- k) wyniki pomiarów wpisać do proponowanej tabelki

λ	m	L	ΔL	x_{ml}	Δx_{ml}	x_{mp}	Δx_{mp}	x_m	Δx_m	$\sin \Theta_m$	$\Delta(\sin \Theta_m)$	$(\sin \Theta_m)_{\text{sr}}$	$\Delta(\sin \Theta_m)_{\text{sr}}$	d	Δd	$\frac{\Delta d}{d}$	\bar{d}	$\Delta \bar{d}$
nm		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm					μm	μm	%	μm	μm
	1																	
	2																	

W analogiczny sposób tabelaryzować wyniki pomiarów uzyskane dla innych długości fal.

2. Wyznaczanie długości fal światła przepuszczanego przez filtry optyczne
 - a) zaobserwować widmo dyfrakcyjne światła białego,
 - b) na oświetlacz nakręcić filtr interferencyjny przepuszczający światło o nieznannej długości fali,
 - c) powtórzyć czynności opisane w punktach od 1.b do 1.g,
 - d) pomiary powtórzyć dla innych filtrów wskazanych przez opiekuna dydaktycznego.
 - e) wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do proponowanej tabelki:

- f) wyznaczyć długość fali światła przepuszczanego przez filtr korzystając z danych dla pierwszego i drugiego rzędu dyfrakcji oraz niepewność pomiaru długości fali ($\Delta\lambda$) np. metodą pochodnej logarytmicznej, a następnie wyznaczyć wartość średnią λ_{sr} oraz

$$\text{niepewność } \Delta\lambda_{sr} \quad \lambda = \frac{d \cdot \sin \Theta_m}{m},$$

- g) niepewność $\Delta(\sin \Theta_m)$ wyznaczyć tak jak w pkt. 1.i

m	L	ΔL	x_{ml}	Δx_{ml}	x_{mp}	Δx_{mp}	$\sin \Theta_m$	$\Delta(\sin \Theta_m)$	$(\sin \Theta_m)_{sr}$	$\Delta(\sin \Theta_m)_{sr}$	λ	$\Delta\lambda$	$\bar{\lambda}$	$\Delta\bar{\lambda}$
	cm	cm	cm	cm	cm	cm					nm	nm	nm	nm
1														
2														

Zadania dodatkowe

3. Wyznaczanie chromatycznej zdolności rozdzielczej siatki dyfrakcyjnej

W celu wyznaczenia zdolności rozdzielczej siatki dyfrakcyjnej można skorzystać ze wzoru:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN = m \frac{s}{d},$$

gdzie: m jest rzędem dyfrakcji,
N liczbą szczelin siatki dyfrakcyjnej, |
s jej szerokością czynną tj. odległością jaką zajmuje N szczelin – prostopadłą do szczelin
d stałą siatki.

Szerokość czynną siatki należy zmierzyć suwmiarką.

4. Wyznaczanie dyspersji kątowej siatki dyfrakcyjnej

- a) dyspersję kątową siatki dyfrakcyjnej $\frac{d\Theta}{d\lambda}$ wyznaczyć korzystając z układu pomiarowego stosowanego do wyznaczania stałej siatki dyfrakcyjnej i powtarzając czynności opisane w punktach 1.c i 1.d dla kilku różnych długości fal,
b) dla każdej długości fali wyznaczyć dyspersję kątową siatki dyfrakcyjnej, korzystając ze

wzoru:
$$\frac{d\Theta}{d\lambda} = \frac{m}{d \cdot \cos \Theta_m}, \quad \cos \Theta_m = \frac{L}{\sqrt{L^2 + x_m^2}}$$

- c) sporządzić wykres zależności $\frac{d\Theta}{d\lambda} = f(\lambda)$
d) wyznaczyć niepewność pomiaru dyspersji kątowej dla skrajnych i środkowej wartości badanego przedziału długości fal np. metodą różniczki zupełnej,

$$\Delta \cos \Theta = \frac{x_m^2}{(L^2 + x_m^2)^{3/2}} \Delta L + \frac{L \cdot x_m}{(L^2 + x_m^2)^{3/2}} \Delta x_m$$

- e) Wyniki pomiarów i obliczeń zamieścić w proponowanej tabelce:

m	λ	x_{ml}	Δx_{ml}	x_{mp}	Δx_{mp}	$\cos \Theta$	$\Delta \cos \Theta$	$\frac{d\Theta}{d\lambda}$	$\Delta \left(\frac{d\Theta}{d\lambda} \right)$	$\Delta \left(\frac{d\Theta}{d\lambda} \right) / \frac{d\Theta}{d\lambda}$
	nm	cm	cm	cm	cm			rad/m	rad/m	%
1										
2										