

SPRAWOZDANIE Z LABORATORIUM FIZYKI 3.1			
Numer ćwiczenia	84	Temat ćwiczenia	Wyznaczanie długości fali świetlnej za pomocą siatki dyfrakcyjnej
Numer grupy	6	Termin zajęć	17.11.2016, 9:15
Skład grupy		Prowadzący	Ocena
Iwo Bujkiewicz, 226203 Bartosz Rodziewicz, 226105		Dr inż. Grzegorz Zatrzyb	

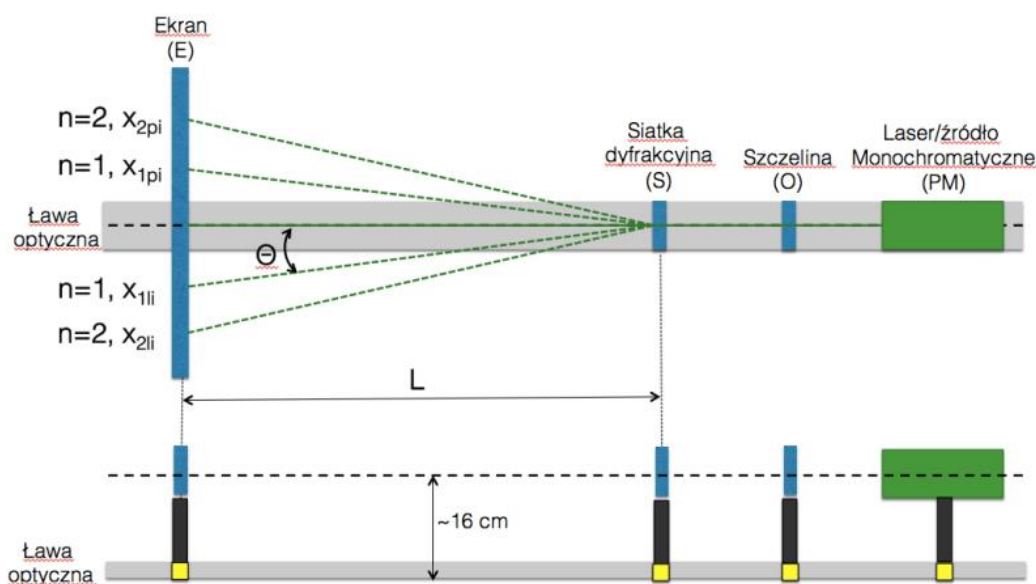
1. Cel ćwiczenia

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

2. Spis 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);

3. Schemat układu pomiarowego



Rys.1 Schemat układu eksperymentalnego.

4. Przebieg ćwiczenia

1. Wyznaczenie długości fali emisji lasera
 - a. Po ustawieniu stanowiska zgodnie ze schematem wykonaliśmy pomiary dla 5 różnych odległości L, dla każdej odległości zapisane zostały wyniki dla 3 rzędów siatki dyfrakcyjnej.
 - b. Wyniki pomiarów wraz z opracowaniem znajdują się w tabeli 1.
 - c. $\lambda = 657 [nm]$

d. Przykładowe obliczenia:

$$u(L_1) = 3 \text{ [mm]}$$

Niepewność odczytów L_i ustalona na 3mm zgodnie z zaleceniem prowadzącego.

$$L_1 = 290(3) \text{ [mm]}$$

$$u(x_{nli}) = u(x_{npi}) = \frac{d}{2 * \sqrt{3}} = \frac{3}{2\sqrt{3}} \approx 0.9$$

Niepewność odczytów x_{nli} i x_{npi} ustalona zgodnie z zaleceniem prowadzącego na połowę średnicy kropki na linijce. W naszym przypadku była to zawsze kropka prawa.

$$x_{11} = \frac{|x_{1l1}| + |x_{1p1}|}{2} = \frac{9 + 10}{2} = 9.5$$

$$u_A(x_{11}) = \sqrt{\frac{(|x_{1l1}| - x_{11})^2 + (|x_{1p1}| - x_{11})^2}{2}} = \sqrt{\frac{(9 - 9.5)^2 + (10 - 9.5)^2}{2}} = 0.5$$

$u_B(x_{11})$ jest równe $u(x_{1l1})$ lub $u(x_{1p1})$ ponieważ są one sobie równe (w każdym przypadku, zgodnie z założeniem napisanym wyżej).

$$u_c(x_{11}) = \sqrt{u_A(x_{11})^2 + u_B(x_{11})^2} = \sqrt{u_A(x_{11})^2 + u(x_{1p1})^2} = \sqrt{0.9^2 + 0.5^2} \approx 1.1$$

$$\sin \theta_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{(x_{11})^2 + (L_1)^2}} = \frac{9.5}{\sqrt{(9.5)^2 + (290)^2}} = \frac{9.5}{\sqrt{90.25 + 84100}} = \frac{9.5}{290.16} = 0.0327 \dots$$

$$\begin{aligned} u_c(\sin \theta_{11}) &= \sqrt{\left(\frac{L_1 * x_{11}}{(L_1^2 + x_{11}^2)^{3/2}}\right)^2 * u^2(L_1) + \left(\frac{L_1^2}{(L_1^2 + x_{11}^2)^{3/2}}\right)^2 * u^2(x_{11})} \\ &= \sqrt{\left(\frac{290 * 9.5}{(290^2 + 9.5^2)^{3/2}}\right)^2 * 9 + \left(\frac{290^2}{(290^2 + 9.5^2)^{3/2}}\right)^2 * 1.21} \\ &= \sqrt{\left(\frac{2755}{24428269.2805}\right)^2 * 9 + \left(\frac{84100}{24428269.2805}\right)^2 * 1.21} \\ &= \sqrt{1.271914179538 * 10^{-8} * 9 + 0.003442732640381 * 1.21} \\ &\approx 0.039 \end{aligned}$$

$$\lambda_{11} = \frac{d * \sin \theta_{11}}{n} = \frac{0.02 * 0.0327}{1} = 0.000654 \text{ [mm]} = 654 \text{ [nm]}$$

λ została wyliczona jako średnia arytmetyczna wszystkich λ_{ni} i wynosi $\lambda = 657.2 \text{ [nm]}$

Błąd $u(\lambda)$ to odchylenie statystyczne λ i wyliczony został ze wzoru:

$$u_A(\lambda) = \sqrt{\frac{\sum_{i,n}^{5,3} (\lambda_{ni} - \lambda)^2}{i * n}}$$

Nie piszę dalszych obliczeń ponieważ suma na górze ma 15 składników. Policzone zostało to za pomocą funkcji w Excelu.

Policzyłem również poszczególne $u(\lambda_{ni})$ ze wzoru:

$$u(\lambda_{ni}) = \sqrt{\left(\frac{d}{n} * u_c(\sin \theta_{ni})\right)^2}$$

Dla przykładu:

$$u(\lambda_{11}) = \sqrt{\left(\frac{d}{n} * u_c(\sin \theta_{11})\right)^2} = \frac{0.02}{1} * 0.0039 = 0.000078 [mm] = 78 [nm]$$

Za $u_B(\lambda)$ wziąłem największą wartość $u(\lambda_{ni})$.

$u_c(\lambda)$ zostało wyliczone jako średnia kwadratowa $u_A(\lambda)$ i $u_B(\lambda)$.

$$u_c(\lambda) = 56 [nm]$$

$$\text{Więc } \lambda = 657[56] [nm]$$

2. Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej

- W trakcie zajęć wykonaliśmy pomiary dla 15 odległości siatki od ekranu, dla każdej zapisując odległość rzędu 1 od zera.
- Wyniki pomiarów wraz z opracowaniem znajdują się w tabeli 2.
- $d = 1980 [nm]$
- Przykładowe obliczenia:

$u(L_i)$, $u(x_{li})$, $u(x_{pi})$, x_i , $u_A(x_i)$, $u_B(x_i)$, $u_C(x_i)$, $\sin(\theta)_i$, jak i $u(\sin(\theta)_i)$ zostały policzone w identyczny sposób jak w pierwszej części ćwiczenia.

$\sin(\theta)$ został policzony jako średnia arytmetyczna $\sin(\theta)_i$, a $u_A(\sin(\theta))$ to odchylenie standardowe liczone analogicznie, jak $u(\lambda)$ w poprzedniej części. Za $u_B(\sin(\theta))$ wziąłem największą wartość $u(\sin(\theta)_i)$ i $u(\sin(\theta))$ wyliczyłem jako średnia kwadratowa $u_A(\sin(\theta))$ i $u_B(\sin(\theta))$.

$$d = \frac{n * \lambda}{\sin(\theta)} = \frac{1 * 657}{0.3320} = 1980 [nm]$$

$$\begin{aligned} u_c(d) &= \sqrt{\left(\frac{n}{\sin(\theta)}\right)^2 * u^2(\lambda) + \left(\frac{n * \lambda}{\sin(\theta)^2}\right)^2 * u^2(\sin(\theta))} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{0.332}\right)^2 * 56^2 + \left(\frac{657}{0.332}\right)^2 * 0.0094^2} \\ &= \sqrt{28451.15401364494 + 0.1748569879518072} \\ &= \sqrt{28451.32887063289} \approx 180 \end{aligned}$$

$$d = 1.98(18) [\mu m]$$

A siatka dyfrakcyjna o takiej stałej daje wartość około 505 rys na 1mm.

5. Wnioski

- Wyliczona długość fali światła wynosi $\lambda = 657[56] [nm]$. Laser którego używaliśmy był barwy czerwonej (zakres długości fali czerwonej: 630-780 [nm]), więc wyznaczona przez nas długość jest poprawna.
- Wyliczona stała siatki dyfrakcyjnej wynosi $d = 1.98(18)[\mu m]$. Siatka o takiej stałej ma około 505 rys na 1mm.
- Dość duży błąd 8-9% pojawił się już na samym początku naszych obliczeń (błąd odczytu odległości kropek od zera) i to on powoduje tak duży błąd wartości na końcu obliczeń. Błąd ten wynika z niemożliwości dokładniejszego odczytania odległości rzutu światła od zera osi.

Tabela 1

[illegible]

Tabela 2

[illegible]