

Ćwiczenie Nr 451.

Temat: Wyznaczanie długości fali światła za pomocą interferometru Michelsona

1. Literatura:

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Podstawy fizyki 4, PWN, W-wa
- I. W. Sawieliew – Wykłady z fizyki 2, elektryczność i magnetyzm, fale, optyka, PWN, W-wa
- Czesław Bobrowski, Fizyka - krótki kurs, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
- Juliusz Sielanko, Marek Sowa – Ćwiczenia eksperymentalne z fizyki, optyka i fizyka współczesna, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin
- Instrukcja obsługi mikrometru: <http://labor.zut.edu.pl/INSTRUKCJE/Mikrometr.pdf>

2. Tematy teoretyczne:

- Fale elektromagnetyczne: długość fali, prędkość światła w różnych ośrodkach, współczynnik załamania światła.
- Droga optyczna, fale spójne (koherentne), interferencja światła, interferometr Michelsona.

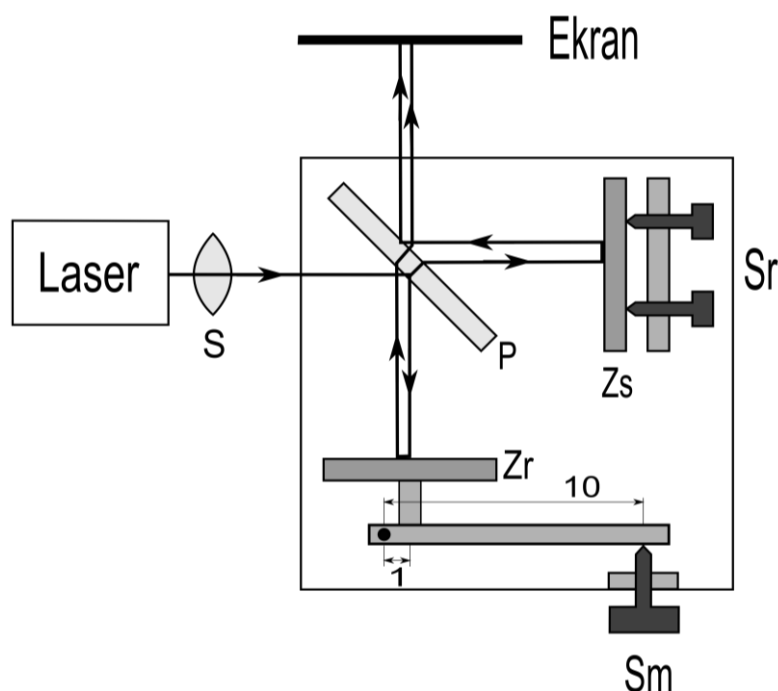
3. Metoda pomiarowa:

Przy użyciu śruby mikrometrycznej zmierzmy przesunięcie zwierciadła ruchomego i na podstawie jednoczesnej obserwacji liczby zmiany prążków interferencyjnych wyznaczmy o ile długości fali światła zmieniła się droga przebyta przez światło w jednym z ramion interferometru Michelsona. Na podstawie tych danych obliczymy długość fali światła, użytego lasera.

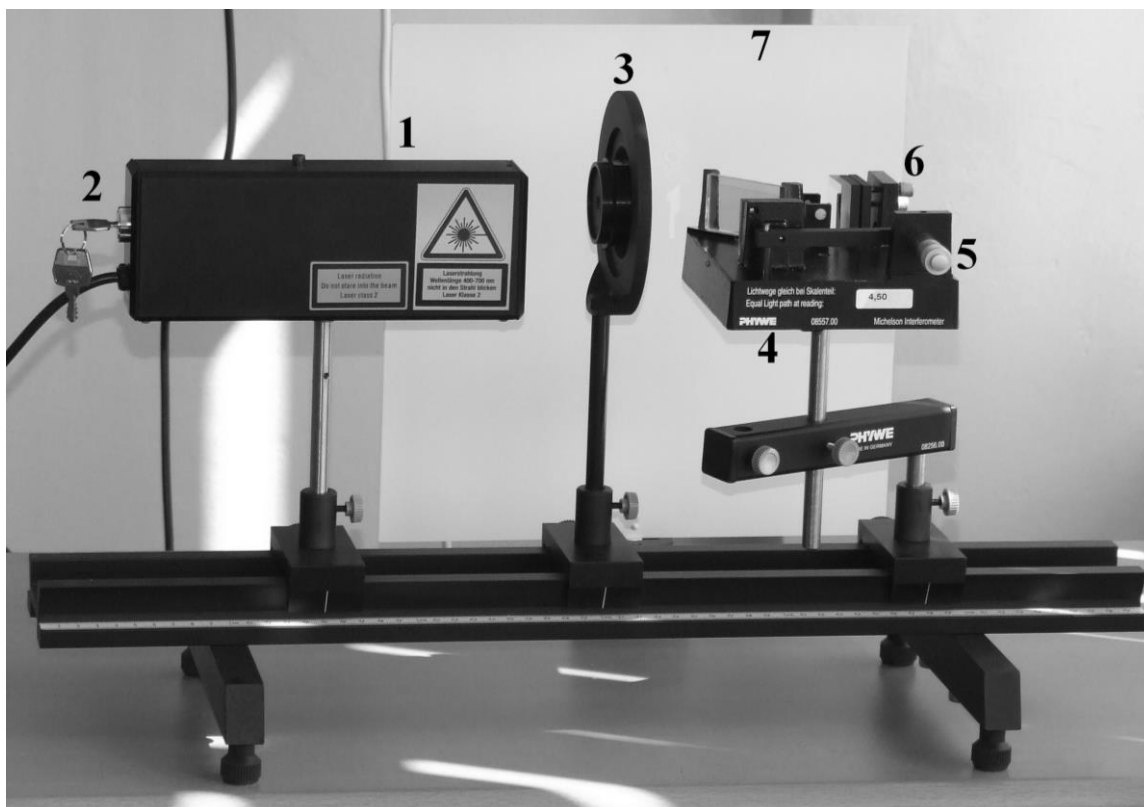
4. Zestaw przyrządów:

Laser ze statywem, soczewka ze statywem, interferometr ze statywem, ława optyczna, ekran, kluczyk do włączenia lasera (wypożyczyć w pok.619 pod zastaw legitymacji)

5. Czynności pomiarowe

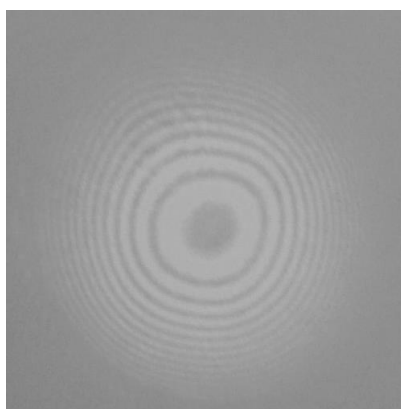


Rys.1. Schemat układu do pomiaru długości fali światła
S- soczewka, P- płytka półprzepuszczalna, Zr- zwierciadło ruchome, Zs- zwierciadło stałe, Sm- śruba mikrometryczna, Sr- pokrętła regulacyjne.



Rys.2. Widok stanowiska pomiarowego do wyznaczenia długości fali świetlnej

1- laser, 2- włącznik lasera-kluczyk, 3- soczewka, 4- interferometr, 5- śruba mikrometryczna, 6- pokrętła regulacyjne, 7- ekran



Rys. 3. Widok prążków interferencyjnych

Wykonanie ćwiczenia

UWAGI: Nigdy nie należy spoglądać bezpośrednio w wiązkę lasera ! Nie dotykać powierzchni zwierciadeł Z_S i Z_R oraz płytki półprzepuszczalnej P ! Nie zmieniać położenia i ustawienia lasera oraz soczewki, gdyż zmiany te mogą spowodować potrzebę korekty ustawienia ich na wspólnej osi, co jest czasochłonne i znacznie wydłuży czas wykonania ćwiczenia

1. Delikatnie podnieść szarą pokrywę ochronną interferometru.

2. Sprawdzić i ewentualnie ustawić ekran we właściwym miejscu (jak pokazano na schemacie interferometru) i włączyć laser.
3. Ustawić interferometr tak, aby na ekranie otrzymać koncentryczne prążki interferencyjne (w przypadku gdy jest rozstrojony, poprosić prowadzącego o pomoc).
4. Ustawić śrubę mikrometryczną w pozycji około 5,00 mm.
5. Nieznacznie poruszając śrubą mikrometryczną ustawić stan, w którym centrum okręgów jest ciemne.
6. Odczytać początkowe ustawienie śruby mikrometrycznej.
7. Obracać śrubę mikrometryczną (cały czas w tym samym kierunku) i równocześnie zliczać ilość zmian (ciemny-jasny-ciemny = 1prążek) centralnego prążka.
(W przypadku gdy centrum prążków na ekranie będzie wychodzić poza obszar oświetlony dokonać **nieznacznej** korekty za pomocą 2 pokręteł (Sr) przy jednym ze zwierciadeł tak, aby centralny prążek był w centrum oświetlonego obszaru). **Po zliczeniu około 100-500 zmian prążków**, odczytać końcowe ustawienie śruby mikrometrycznej i obliczyć jej przesunięcie (wartość końcowa minus początkowe wskazanie śruby mikrometrycznej).
8. Wyniki zapisać w tabeli.

Liczba prążków	Wskazanie śruby mikrometrycznej:	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4	Pomiar 5	\bar{x} [mm]	$d = \frac{\bar{x}}{10}$ [mm]
		Początkowe x_1 [mm]						
	Końcowe x_2 [mm]							
	Przesunięcie śruby mikrometrycznej $x = x_2 - x_1 $ [mm]							

9. Powtórzyć czynności od 4 do 8 pięciokrotnie (**za każdym razem przesuwać o taką samą liczbę prążków i takim samym kierunku**).
10. Ponownie ustawić śrubę mikrometryczną w pozycji około 5,00 mm i wyłączyć laser.
11. Delikatnie nałożyć szarą pokrywę ochronną interferometru.
12. Odległość przebytą przez zwierciadło d obliczyć w następujący sposób. Przesunięcie śruby mikrometrycznej x podzielić przez 10, bowiem przekładnia jaką zastosowano do poruszania zwierciadła wynosi 1:10. Oznacza to, że przesunięcie śruby mikrometrycznej o 10 μm (0,01mm) odpowiada przesunięciu zwierciadła o 1 μm (0,001mm).
13. Obliczyć długość fali światła ze wzoru:

$$\lambda = \frac{2d}{m} = \frac{2 \cdot \bar{x}}{m \cdot 10} = \frac{\bar{x}}{5 \cdot m}$$

gdzie m – liczba zmian centralnego prążka.

Długość fali wyrazić w nanometrach (1nm = 10⁻⁹m) i sprawdzić, czy obliczona długość fali odpowiada barwie czerwonej (jest to forma weryfikacji uzyskanych wyników).

6. Ocena niepewności pomiarowych

W analizie niepewności uwzględnić niepewności wyliczone metodami typu A i B. Przy wyznaczaniu dokładności przesunięcia ruchomego zwierciadła należy uwzględnić zastosowaną dźwignię o przełożeniu 1:10.

Niepewności pomiarów pośrednich muszą być uwzględnione, gdyż długość fali światła wyznaczamy z pomiarów pośrednich.

$$u_A(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad n - \text{liczba pomiarów}$$

$$u_{B1}(x) = \frac{\Delta x_1}{\sqrt{3}} \quad u_{B2}(x) = \frac{\Delta x_2}{\sqrt{3}} \quad u_{B3}(x) = \frac{\Delta x_3}{\sqrt{3}}$$

Δx_1 - dokładność odczytu początkowej nastawy x z mikrometru;

Δx_2 - dokładność odczytu końcowej nastawy x z mikrometru;

Δx_3 - dokładność mikrometru.

$$u_{B_calkowite}(x) = \sqrt{u_{B1}^2(x) + u_{B2}^2(x) + u_{B3}^2(x)}$$

$$u_{Calkowite}(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_{B_Calkowite}^2(x)}$$

$$u_B(m) = \frac{\Delta m}{\sqrt{3}} \quad \Delta m - \text{możliwa pomyłka przy zliczaniu prążków (oszacować)}$$

$$u_{Calkowite}(m) = \sqrt{u_B^2(m)}$$

$$\begin{aligned} u_{Calkowite}(\lambda) &= \sqrt{\left[\frac{\partial \lambda}{\partial x}\right]^2 \cdot u_{Calkowite}^2(x) + \left[\frac{\partial \lambda}{\partial m}\right]^2 \cdot u_{Calkowite}^2(m)} = \\ &= \frac{1}{5 \cdot m} \sqrt{u_{Calkowite}^2(x) + \left(\frac{x}{m}\right)^2 u_{Calkowite}^2(m)} \end{aligned}$$