

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.	Rok	Grupa	Zespół
PRACOWNIA FIZYCZNA WFilS AGH	Temat:			Nr ćwiczenia
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia
				OCENA

Ćwiczenie nr 71: Dyfrakcja światła na szczelinie pojedynczej i podwójnej

Cel ćwiczenia

Wyznaczenie rozkładu natężenia światła laserowego dla obrazu dyfrakcyjnego pojedynczej szczeliny i układu dwu szczelin. Obliczanie szerokości szczeliny.

Zagadnienia kontrolne

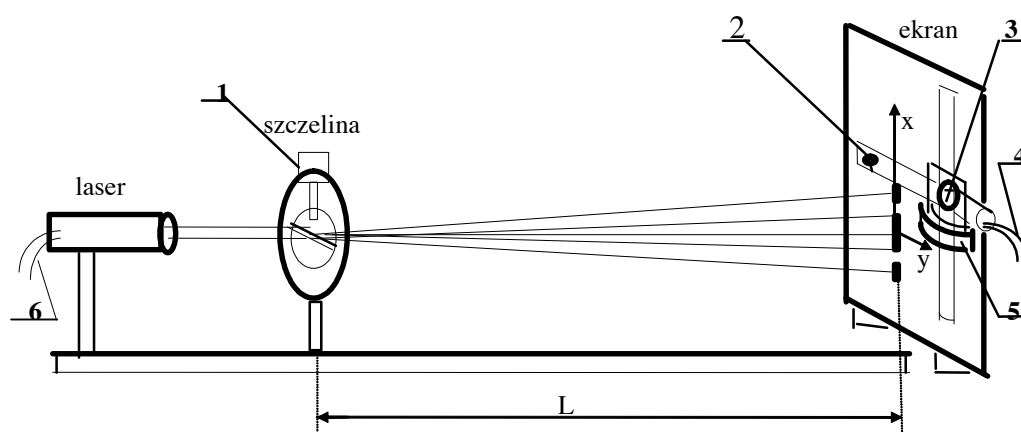
1. Przedstaw własności wiązki laserowej i porównaj je z własnościami wiązki uzyskiwanej z naturalnego źródła promieniowania jakim jest np. Słońce.
2. Dyfrakcja światła na pojedynczej szczelinie (omówienie obrazu dyfrakcyjnego).
3. Opisz w jaki sposób można wyznaczyć szerokość nieznanej szczeliny w oparciu o uzyskany obraz dyfrakcyjny dla światła monochromatycznego.
4. Wyjaśnij dlaczego w celu wyznaczenia szerokości szczeliny w omawianym ćwiczeniu odległość szczelina - ekran powinna wynosić przynajmniej 70 cm.
5. Jakiej szerokości maksimum dyfrakcyjne otrzymamy dla szczeliny o szerokości $d = 0,1\text{mm}$, długości fali światła laserowego $\lambda = 600\text{ nm}$ i odległości ekran szczelina $L = 90\text{ cm}$?
6. Przedstaw schemat elektryczny układu do pomiaru natężenia światła.
7. Oszacuj stosunek natężenia światła mierzonego w pierwszym maksimum bocznym $I(x_{\max}^{(1)})$ do natężenia światła w maksimum głównym I_0 .

*Ocena
i podpis*

1. Układ pomiarowy

W skład części optycznej zestawu pomiarowego (rys. w1) wchodzi zamocowane na ławie optycznej elementy:

1. Laser emitujący światło czerwone, zasilany z zasilacza sieciowego. Długość fali $\lambda = 650 \text{ nm}$.
2. Przesłona metalowa zawierająca: szczelinę podwójną, szczelinę pojedynczą i układ 4 szczelin, z układem przesuwu umożliwiającym wybór szczeliny lub opcjonalnie (tylko zestaw b) pojedyncza szczelina o regulowanej szerokości
3. Ekran zaopatrzony w fotodiode oraz układ jej przesuwu w kierunku poziomym i pionowym.



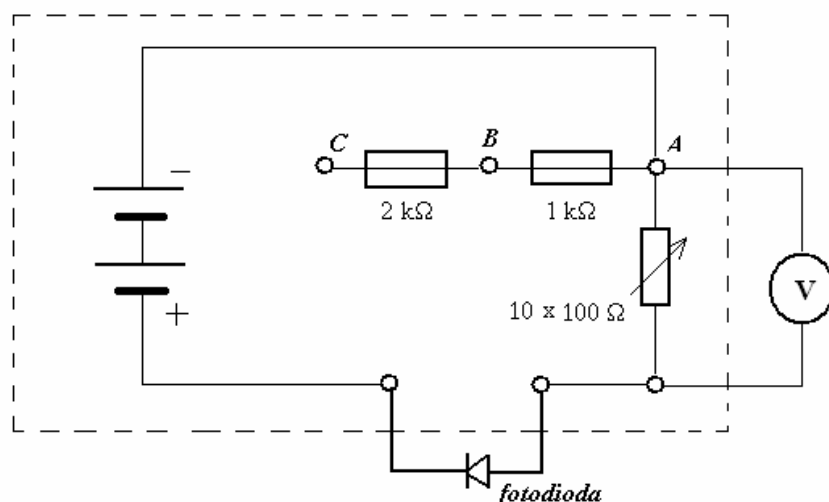
Rys. w1. Schemat układu pomiarowego: 1 - badana szczelina, 2 – detektor (fotodioda), 3 - regulacja położenia fotodiody w osi y, 4 - doprowadzenie zasilania fotodiody, 5 - regulacja położenia fotodiody w osi x, 6 - doprowadzenie zasilania lasera.

Wewnątrz obudowy lasera znajduje się właściwa dioda laserowa oraz układ optyczny formujący wiązkę światła. Wiązka światła jest skierowana na badaną szczelinę. Obraz dyfrakcyjny obserwujemy na ekranie.

W płaszczyźnie równoległej do ekranu możemy ustawiać fotodiode. Położenie fotodiody regulujemy w kierunku poziomym tak, by natężenie światła miało wartość maksymalną. Właściwy pomiar wykonujemy w kierunku pionowym przy pomocy układu przesuwu umożliwiającego pomiar położenia fotodiody z dokładnością 0.01 mm (pokrętko 5 na rys. W1).

Układ elektryczny pomiaru natężenia światła przedstawia rys. w2. W skład obwodu wchodzi:

4. Fotodioda (umieszczonej w przesuwniku x-y), por. rys. w1.
5. Woltomierz cyfrowy o pojedynczym zakresie pomiarowym 400 mV do odczytu względnych zmian natężenia światła w obrazie dyfrakcyjnym.
6. Bateria zasilająca $2 \times 1,5 \text{ V}$.
7. Opornik regulowany dekadowy $10 \times 100 \Omega$.
8. Dodatkowe oporniki 1 k Ω i 2 k Ω .



Rys. w2. Schemat elektryczny układu do pomiaru natężenia światła. Elementy pokazane wewnątrz przerywanej ramki umocowane są na płycie montażowej.

2. Wykonanie ćwiczenia

2A. Pojedyncza szczelina

1. Zapoznać się z układem eksperymentalnym. W szczególności przyrzeć się układowi szczelin oraz fotodiodzie będącej detektorem światła. Połączyć (lub sprawdzić połączenia) układu zasilania detektora światła.
2. W obecności prowadzącego włączyć zasilanie lasera i układu detekcyjnego.
3. *Regulacja położenia szczeliny względem wiązki lasera.*

Ćwiczenie wykonujemy przy użyciu szczeliny stałej (jedna z trzech w zestawie, pozostałe, to szczelina podwójna i poczwórna) lub szczeliny o regulowanej szerokości. Wstawić do wiązki lasera wybraną szczelinę. Wykorzystując regulację pionowego położenia szczeliny dążyć do uzyskania jak największej jasności obrazu dyfrakcyjnego. W celu ułatwienia obserwacji obrazu ustawić przed fotodiodą pomocniczy ekran w postaci np. kartki papieru.

4. *Przygotowanie pomiaru rozkładu natężenia.*

Wypróbować przesuw fotodiody w obu kierunkach. Przy użyciu przesuwu poziomego oraz pionowego nastawić element czynny fotodiody na maksimum jasności obrazu dyfrakcyjnego, kierując się wskazaniem woltomierza. Następnie ustawić wartość oporu R do uzyskania jak największej wartości wskazań woltomierza, ale nie przekraczającej zakresu 400 mV. Wykorzystujemy w tym celu opornik dekadowy $10 \times 100 \Omega$ (rys. W2) (Możliwe jest też powiększenie oporu o dodatkowe $1 \text{ k}\Omega$ i 2Ω przez przeniesienie połączenia do baterii i woltomierza z zacisku A na zacisk B lub C (rys. W2)). Od tego momentu nie zmieniamy wartości oporu.

5. Wykonać pomiar natężenia światła I w funkcji położenia x w zakresie obejmującym maksimum główne oraz co najmniej po dwa prążki boczne po obu stronach maksimum

głównego. By odtworzyć kształt dość złożonej krzywej potrzeba kilkadziesiąt punktów pomiarowych – zalecany jest przesuw detektora co 0,2 mm.

Uwaga: tabela wyników pomiaru zawiera tylko dwie kolumny, położenie fotodiody [mm] oraz natężenie światła I w jednostkach umownych ([j. u.]). Ta jednostka używana jest przez eksperymentatorów, jeżeli chcemy podkreślić, że bezwzględna wartość badanej wielkości pozostaje nieznana, ale jest proporcjonalna do wskazań jakiegoś przyrządu pomiarowego. W wykonywanym ćwiczeniu jako [j.u.] można wpisywać albo napięcie woltomierza w mV, albo same cyfry z jego wyświetlacza, bez nieistotnego przecinka dziesiętnego.

6. Wyłączyć laser i zasilanie fotodiody.
7. Zmierzyć odległość L od szczeliny do ekranu, zapisać długość fali światła lasera.

2B. Szczelina podwójna.

1. Przy pomocy układu przesuwu pionowego nasunąć podwójną szczelinę na wiązkę lasera.
2. Czynności przygotowawcze oraz pomiar ilościowy obrazu dyfrakcyjnego wykonujemy jak dla szczeliny pojedynczej. Winien obejmować kilkanaście prążków interferencyjnych.

3. Wyniki pomiarów

Tabela 1. Pojedyncza szczelina: odległość szczelina-fotodioda: [mm]

[illegible][illegible][illegible]

4. Opracowanie wyników pomiarów

4A. Pojedyncza szczelina

- Wykonać wykres zależności natężenia światła I od położenia detektora x : (i) we współrzędnych zwykłych, oraz (ii) z użyciem skali logarytmicznej na osi pionowej. (Por. rysunki 2b i 4).
Wykres we współrzędnych półlogarytmicznych zrealizować przy użyciu papieru półlogarytmicznego lub stosowanej opcji w programie komputerowym. Niezależnie od sposobu realizacji, przez punkty pomiarowe $I(x)$ poprowadzić odręcznie gładką krzywą.
- Odczytać z wykresu, z prawej i lewej strony maksimum głównego:
 - położenia x_l oraz x_p pierwszego minimum bocznego z lewej i prawej strony maksimum głównego
 - położenia i amplitudę maksimum pierwszego rzędu po obu stronach maksimum głównego
 - współrzędne dalszych minimów i maksimów. Wyniki zestawzić w tabeli 3.
- Na podstawie położzeń znalezionych dla a), b) etc. obliczyć wartość średnią współrzędnej, na podstawie wzorów na położenie minimów i maksimów (wzory 9 i 10 w skrypcie) wartości szerokości szczeliny d . Następnie średnią i jej niepewność.
- Obliczyć z danych doświadczalnych stosunek natężeń prążków bocznych do natężenia światła w maksimum, I / I_0 . Porównać z wartościami teoretycznymi (wzór 11).

Tabela 3. Położenia maksimów i minimów natężenia światła

Element obrazu dyfrakcyjnego	Położenie z lewej x_l [mm]	Położenie z prawej x_p [mm]	$x = \frac{x_p - x_l}{2}$ [mm]	Obliczona szerokość szczeliny d [mm]
1 minimum				
1 maksimum boczne				
2 minimum				
2 maksimum boczne				

Tabela 4. Natężenie światła w maksimach bocznych

Natężenie światła w maksimum głównym: $I_0 = \dots\dots\dots$ [j. u.]

Element obrazu dyfrakcyjnego	Natężenie z lewej I_l [j. u.]	Natężenie z prawej I_p [j. u.]	Natężenie względne doświadczalne $\frac{I(x_{\max})}{I_0} = \frac{I_l + I_p}{2 I_0}$	Natężenie względne teoretyczne $\frac{I(x_{\max})}{I_0}$
1 maksimum boczne				
2 maksimum boczne				

4B. Szczelina podwójna.

1. Wykonać wykres zależności natężenia światła I od położenia detektora x w skali liniowej.
2. Ponumeruj maksima interferencyjne na wykresie przy użyciu liczb całkowitych m ($\dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$) tak, by wskaźnik zero wypadł dla maksimum o największym natężeniu.
3. Dla kolejnych maksimów o tym samym wskaźniku dodatnim i ujemnym ($-m$ oraz m) odczytaj odpowiadające położenia x_l oraz x_p a następnie oblicz położenie średnie i wynikającą wartość odległości między szczelinami d .
4. Obliczyć wartość średnią i niepewność d .
5. Odczytaj z wykresu maksymalne natężenie I_{\max} i natężenie w najbliższym minimum I_{\min} , a następnie stosunek I_{\min} / I_{\max} .

Uwaga: wartość ta, będąca liczbą z przedziału $(0, 1)$ jest miarą jakości obrazu interferencyjnego. Dla idealnego obrazu $I_{\min} / I_{\max} = 0$, wartość $I_{\min} / I_{\max} = 1$ odpowiada zniknięciu prążków interferencyjnych.

Tabela 5. Położenia maksimów natężenia światła

Numer maksimum $ m $	Położenie z lewej x_l [mm]	Położenie z prawej x_p [mm]	$x = \frac{x_p - x_l}{2}$ [mm]	Obliczona odległość d [mm]

Wnioski: