

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.		Rok	Grupa	Zespół
<b>PRACOWNIA FIZYCZNA WFiIS AGH</b>	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

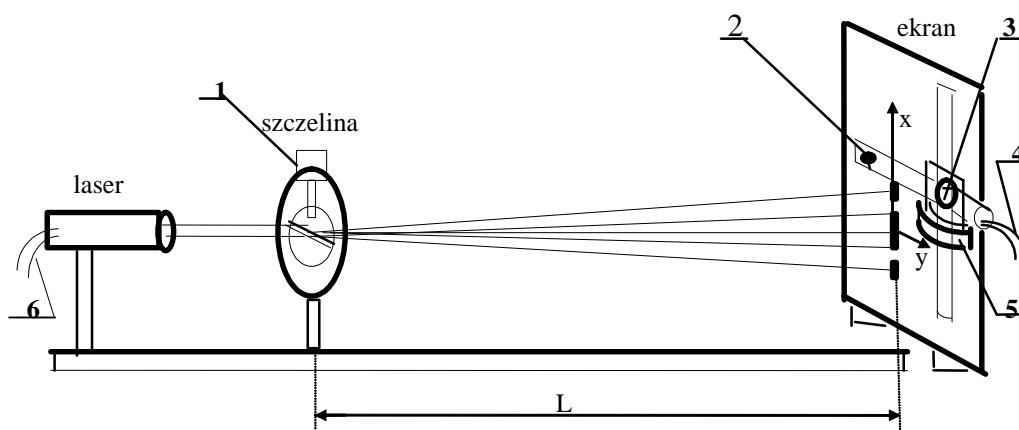
1. Przedstaw własności wiązki laserowej i porównaj je z własnościami wiązki uzyskiwanej z naturalnego źródła promieniowania jakim jest np. Słońce.
2. Dyfrakcja światła na pojedynczej szczelinie (omówienie obrazu dyfrakcyjnego).
3. Opisz w jaki sposób można wyznaczyć szerokość nieznaną szczeliny w oparciu 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.



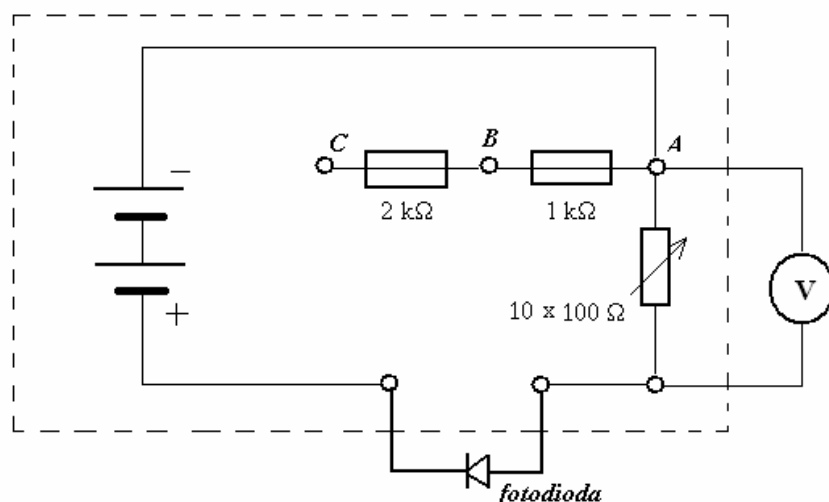
**Rys. w1.** Schemat układu pomiarowego: 1 - badana szczelina, 2 – detektor (fotodiode), 3 - regulacja położenia fotodiody w osi y, 4 - doprowadzenie zasilania fotodiody, 5 - regulacja położenia fotodiody w osi x, 6 - doprowadzenie zasilania lasera.

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 umożliwiającą 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. Fotodiode (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 $\Omega$  i 2 k $\Omega$ .



**Rys. w2.** Schemat elektryczny układu do pomiaru natężenia światła. Elementy pokazane wewnątrz przerywanej ramki umocowane są na płytce 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 czynnny 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  $2 \Omega$  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.





## 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 maksimum. Wyniki zestawić w tabeli 3.
- Na podstawie położen znalezionych dla a), b) etc. obliczyć wartość średnią współrzędnej, na podstawie wzorów na położenie minimów i maksimum (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 maksimum 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 maksimum 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  $m$  (... -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, ...) 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:**