Wprowadzenie teoretyczne

# Doświadczenie „D Y F R A K C J A"

Światło ma podwójną naturę: jest zarówno zbiorem cząstek (fotonów) emitowanych ze źródła i poruszających się po liniach prostych, jak też falą podlegającą wszystkim zjawiskom falowym (dyfrakcja, interferencja, polaryzacja).W tym drugim ujęciu światło jest falą elektromagnetyczną, poprzeczną, rozchodzącą się w przestrzeni z bardzo dużą prędkością. Natrafiając na przeszkodę, światło ulega ugięciu czyli **dyfrakcji** i zmienia kierunek rozchodzenia. Zjawisko to można wyjaśnić np. w oparciu o zasadę Huygensa. Po przejściu przez jedną, wąską szczelinę, światło rozchodzące się prostoliniowo (fala płaska), zmienia się w falę kulistą, rozchodzącą się we wszystkich kierunkach. Gdy szczelin jest wiele, ugięte pod różnymi kątami fale cząstkowe nakładają się na siebie (interferują), tworząc obraz złożony z wzmocnień i wygaszeń (tzw. *prążki interferencyjne*) zgodnie z równaniem:

$$d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$$

gdzie:
*d* – stała siatki dyfrakcyjnej - odległość między szczelinami siatki (w metrach);
α – kąt ugięcia fali;
n – numer prążka;
λ – długość fali światła.

Układ wielu szczelin wyciętych w nieprzezroczystej zasłonie tworzy tzw. *siatkę dyfrakcyjną*. Jeżeli na siatkę pada prostopadle wiązka promieni o długości fali λ, to światło ugina się tak, że obrazy ugięcia mogą powstać tylko w określonych kierunkach – takich, dla których różnice dróg promieni wychodzących z dwóch sąsiednich szczelin równają się całkowitym wielokrotnościom λ. Prążek interferencyjny powstaje wówczas, gdy różnica dróg optycznych fal świetlnych wynosi zero (prążek centralny) - albo równa jest długości fali (prążek pierwszy) - bądź jej wielokrotności (prążek n-ty).

Dla pierwszego prążka (n = 1) otrzymamy:

$$d \cdot \frac{a + \frac{d}{2}}{\sqrt{l^2 + \left(a + \frac{d}{2}\right)^2}} = 1 \cdot \lambda$$

Ponieważ *d* ma wymiar rzędu $10^{-5}$, natomiast *a* ma wymiar rzędu $10^{-1}$, składniki *„d/2"* możemy zaniedbać i otrzymamy:

$$d \cdot \frac{a}{\sqrt{l^2 + a^2}} = \lambda \quad \text{lub} \quad a\,d = \lambda \sqrt{l^2 + a^2}$$

**Światło laserowe** ma wszystkie cechy konieczne do zaobserwowania zjawiska dyfrakcji i interferencji fal. Jest w wysokim stopniu skolimowane, monochromatyczne oraz spójne w czasie i przestrzeni.

**Zagadnienia do przygotowania:**
- zjawisko dyfrakcji i interferencji,
- siatka dyfrakcyjna, stała siatki,
- zasada działania lasera,
- cechy światła laserowego w porównaniu z innymi źródłami światła,
- pomiar za pomocą suwmiarki.

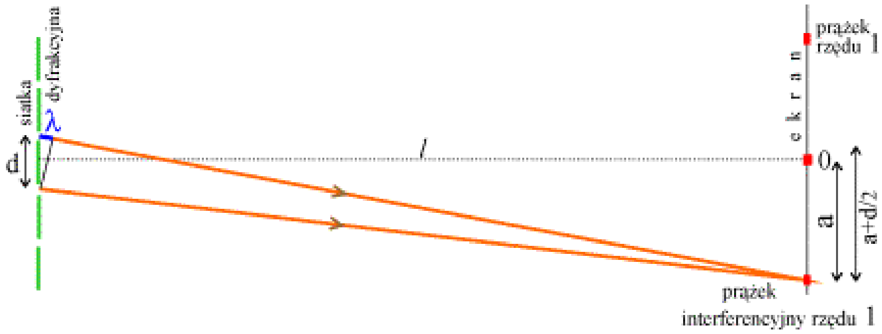
<u>Szablon metodyczny</u>

# „D Y F R A K C J A"

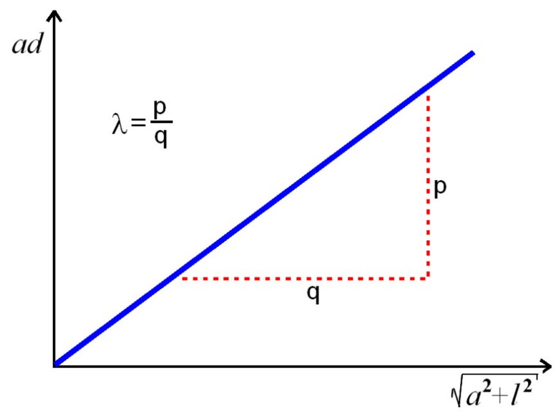
**Student 1**: Wyznaczanie długości fali światła za pomocą siatki dyfrakcyjnej.
**Student 2**: Sprawdzanie równania siatki dyfrakcyjnej.

Z równania siatki dyfrakcyjnej $d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$ , dla pierwszego prążka (n=1) otrzymamy:

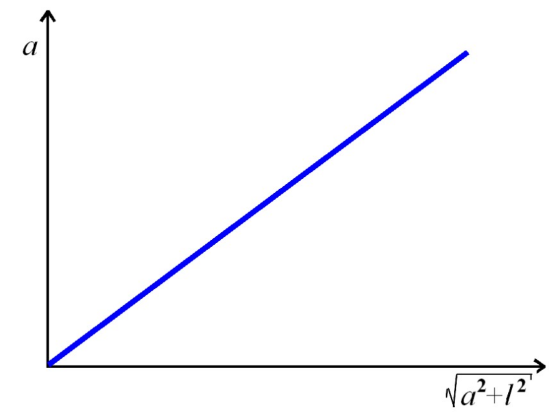
$$ad = \lambda\sqrt{l^2 + a^2}$$








Zatem, w celu wyznaczenia długości fali światła laserowego należy:
- wykonać pomiary zależności położenia pierwszego prążka $a$ od odległości pomiędzy siatką dyfrakcyjną a ekranem $l$,
- wyznaczyć odległość $d$ pomiędzy szczelinami siatki,
- sporządzić wykres $ad$ od $\sqrt{a^2+l^2}$
- odczytać z niego długość fali.




Zatem, w celu sprawdzenia równania siatki dyfrakcyjnej należy:
- wykonać pomiary zależności położenia pierwszego prążka $a$ od odległości pomiędzy siatką dyfrakcyjną a ekranem $l$,
- sporządzić wykres $a$ od $\sqrt{a^2+l^2}$
- zanalizować jego liniowość.

Wskazówki do sprawozdania – wyznaczanie

# „D Y F R A K C J A”

**Student 1:** Wyznaczanie długości fali światła za pomocą siatki dyfrakcyjnej.

**1. Wyniki pomiarów**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | [mm] | | | | | | | | | | |
| *l* | [m] | | | | | | | | | | |

$\Delta a$ =

$\Delta l$ = ... $d$ = ... [m]

**2. Obliczenia** (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 7)

$$ad = \dots$$

$$\Delta(ad) = \Delta a \cdot d = \dots$$

$$\sqrt{a^2 + l^2} = \dots$$

$$\Delta\sqrt{a^2 + l^2} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + l^2}}\Delta a + \frac{l}{\sqrt{a^2 + l^2}}\Delta l = \dots$$

**3. Wyniki obliczeń**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ad* | [ ] | | | | | | | | | | |
| $\sqrt{a^2 + l^2}$ | [ ] | | | | | | | | | | |
| $\Delta ad$ | [ ] | | | | | | | | | | |
| $\Delta\sqrt{a^2 + l^2}$ | [ ] | | | | | | | | | | |

**4. Wykres**

+ obliczenie $\lambda$ (nachylenia prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie $\lambda'$ (nachylenia prostej odchylonej)

+ obliczenie $\Delta\lambda = |\lambda - \lambda'|$

**5. Podsumowanie**

Wyznaczona długość fali wynosi ...
Dokładność metody: ...
Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

Wskazówki do sprawozdania – sprawdzanie

# „D Y F R A K C J A"

**Student 2:** Sprawdzanie równania siatki dyfrakcyjnej.

**1. Wyniki pomiarów**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | [mm] | | | | | | | | | | |
| *l* | [m] | | | | | | | | | | |

$\Delta a$ =

$\Delta l$ = ...

**2. Obliczenia** (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

$$\sqrt{a^2+l^2}=\ldots$$

$$\Delta\sqrt{a^2+l^2}=\frac{a}{\sqrt{a^2+l^2}}\Delta a+\frac{l}{\sqrt{a^2+l^2}}\Delta l=\ldots$$

**3. Wyniki obliczeń**

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | [...] | | | | | | | | | | |
| $\sqrt{a^2+l^2}$ | [...] | | | | | | | | | | |
| $\Delta\sqrt{a^2+l^2}$ | [...] | | | | | | | | | | |

$\Delta a$ =

**4. Wykres**

**5. Podsumowanie**

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

*Ewentualnie*: Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z ….

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.