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.

Pytania do przygotowania:

„D Y F R A K C J A”

1. Na czym polega dualizm korpuskularno-falowy?
2. Podaj przykładowe zjawiska fizyczne, w których światło (fala elektromagnetyczna) przejawia naturę falową, a w których naturę korpuskularną.
3. Co to jest dyfrakcja światła ?
4. Omów doświadczenie Younga.
5. Podaj równanie na położenie maksimów prążków interferencyjnych w doświadczeniu Younga.
6. Co to jest stała siatki dyfrakcyjnej?
7. W jakim przedziale długości fali elektromagnetycznej oko ludzkie rejestruje sygnał (widzi)?
8. Co to jest siatka dyfrakcyjna?
9. Co to jest światło monochromatyczne?
10. Na czym polega spójność światła?
11. Światło widzialne o długości fali 550 nm pada na pojedynczą szczelinę i wytwarza drugie maksimum dyfrakcyjne pod kątem 45° względem kierunku padania promieni. Jaka jest szerokość szczeliny?
12. W doświadczeniu Younga użyto światła monochromatycznego o długości fali λ=600 nm. Oblicz liczbę (maksymalną) otrzymanych na ekranie prążków, po przejściu światła przez szczeliny. Odległość między szczelinami wynosi d=2µm.
13. Na siatkę dyfrakcyjną pada prostopadle wiązka światła o długości $\lambda=6\cdot10^{-7}$ m. Pod jakim kątem obserwuje się prążek trzeciego rzędu, jeśli siatka ma 200 rys na 1 mm?
14. Wymień cechy światła laserowego odróżniającego go od światła zwykłej żarówki.
15. Co to jest dyspersja? Jakie znasz elementy dyspersyjne?

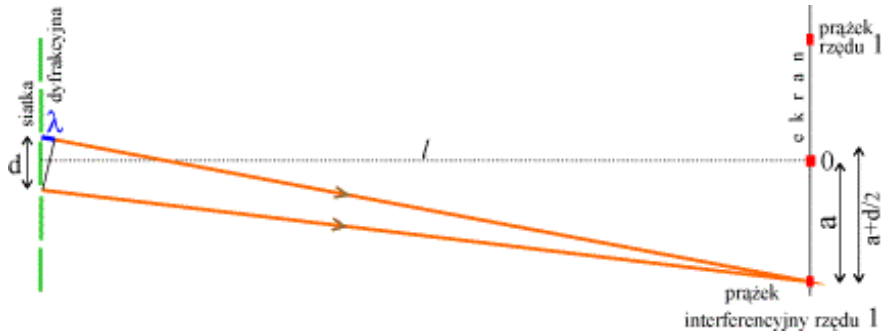
Szablon metodyczny

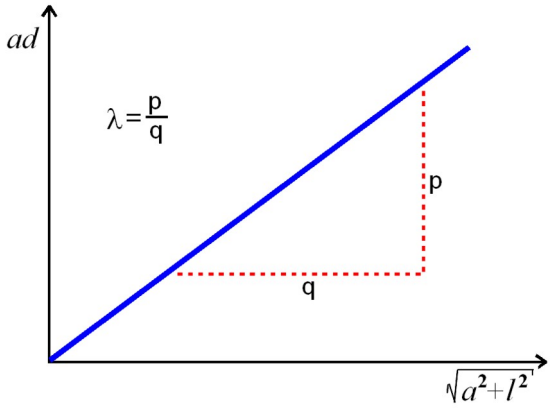
„D Y F R A K C J A”

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

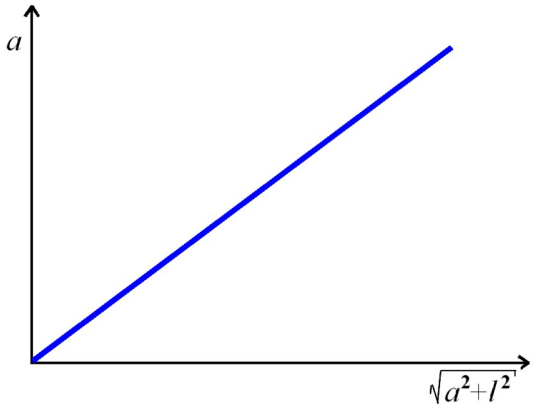
Z równania siatki dyfrakcyjnej $d \cdot \sin\alpha = n \cdot \lambda$, dla pierwszego prążka (n=1) otrzymamy:

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





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.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

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

$\Delta a =$

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

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

$$ad = \ldots$$

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

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

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

III.3. Wyniki obliczeń

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

III.4. Wykres

+ obliczenie λ (nachylenia prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie λ' (nachylenia prostej odchylonej)

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

IV. 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.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

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

$\Delta a =$

$\Delta l = \ldots$

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

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

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

III.3. Wyniki obliczeń

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

$\Delta a =$

III.4. Wykres

IV. 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.