D5. Wyznaczanie stałej siatki dyfrakcyjnej

***Celem ćwiczenia** jest poznanie zjawiska dyfrakcji i interferencji światła oraz eksperymentalne wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej.*

Dyfrakcja światła - to **ugięcie światła** na szczelinach lub przeszkodach, których rozmiary są porównywalne z długością fali świetlnej. Zjawisko to polega na odchyleniu promieni świetlnych od prostoliniowego biegu, przez co światło rozchodzi się w obszarze większym niż wynika to z rozmiarów szczeliny.

Interferencja światła – to zjawisko wzajemnego nakładania się fal. Można je zaobserwować tylko wówczas, gdy fale dochodzące do danego punktu są ***spójne*** (koherentne), tzn., gdy różnica faz pomiędzy nimi jest stała w czasie.

W praktyce do otrzymania dwóch spójnych fal stosuje się jedno źródło światła, jak ma to miejsce w ***klasycznym doświadczeniu Younga.*** W doświadczeniu tym źródłem światła jest światło słoneczne, padające prostopadle na mały otwór, który staje się - zgodnie z ***zasadą Huygensa*** - źródłem elementarnych fal kulistych. Fale te, padając dalej na dwa otworki w kolejnym ekranie, generują następne fale kuliste. Te, nakładając się na siebie, dają szereg rozłożonych na przemian jasnych i ciemnych prążków, czyli wzmocnienia i osłabienia natężenia światła (inaczej: maksima i minima interferencyjne).

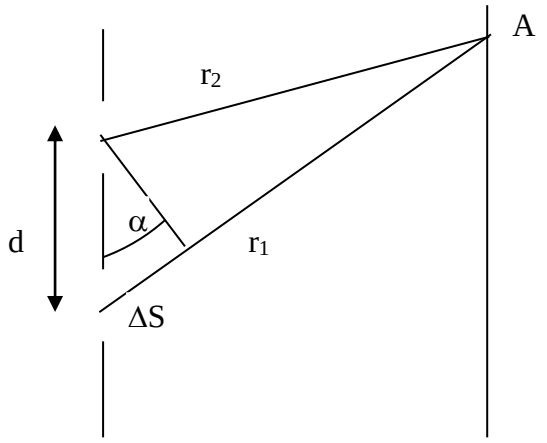
Warunek na maksimum interferencyjne: fale o jednakowych długościach nakładają się, dając maksymalne wzmocnienie, jeżeli różnica ich ***dróg optycznych*** **(ΔS)** jest równa całkowitej wielokrotności długości fali λ, czyli: $\Delta S = k \cdot \lambda$ (1).

Warunek na minimum interferencyjne: nakładające się fale, wygaszają się całkowicie, jeżeli różnica ich dróg optycznych jest nieparzystą wielokrotnością połówek długości λ, czyli: $\Delta S = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$ (2).

Siatka dyfrakcyjna składa się z bardzo dużej liczby szczelin o jednakowej szerokości. Ich liczba może wynosić od 100 do 2000 na 1 mm. Odległość ***d*** między środkami sąsiednich szczelin nazywamy ***stałą siatki.***

Kierując prostopadle na siatkę dyfrakcyjną równoległą wiązkę światła spójnego, o długości porównywalnej ze stałą siatki, obserwujemy zjawisko ugięcia światła. W wyniku interferencji ugiętych wiązek światła następuje ich wzmocnienie lub osłabienie.

Rozważmy dla uproszczenia tylko dwie fale wychodzące z dwóch szczelin siatki (rysunek obok), które, nakładając się, dają maksimum interferencyjne w punkcie A. Obie fale przebiegły różne drogi optyczne r_1 i r_2, a różnica tych dróg ($\Delta S = r_1 - r_2$) spełnia warunek (1).



Ponieważ, zgodnie z oznaczeniami na rysunku: $\Delta S = d \cdot \sin\alpha$, więc otrzymujemy zależność:

$$d \cdot \sin\alpha = k \cdot \lambda ,$$

z której można wyznaczyć ***stałą siatki dyfrakcyjnej d:***

$$d = \frac{k \cdot \lambda}{\sin\alpha} \qquad (3),$$

jak to robimy w niniejszym ćwiczeniu.

W ćwiczeniu, jako źródło światła, stosujemy laser helowo-neonowy, który daje światło o długości λ=632.8 nm. ***Laser*** jest generatorem spójnego, monochromatycznego promieniowania. Zasada jego działania opiera się na zjawisku ***wymuszonej emisji*** promieniowania przy inwersji obsadzenia (tzw. zjawisko laserowe).

Literatura uzupełniająca

1. Cz. Bobrowski, Fizyka- krótki kurs, Rozdz.6.5, 6.10
2. S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki, Rozdz. 2.2

Zobacz też:

symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki*

(https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/) (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*).

D5. Protokół pomiarów i obliczeń

Nr pary	Imię i nazwisko studenta	Wydział grupa
data	Imię i nazwisko prowadzącego	Zaliczenie

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy: laser helowo-neonowy, siatka dyfrakcyjna, miara metrowa.

1. Mocujemy siatkę dyfrakcyjną w uchwycie na stoliku pomiarowym i włączamy laser helowo-neonowy.
2. Ustawiamy siatkę dyfrakcyjną w takiej odległości od ekranu, by obserwować na nim prążki interferencyjne jak najwyższego rzędu (*powinny być widoczne prążki interferencyjne do co najmniej III rzędu)*.
3. Mierzymy odległość x między: ekranem i siatką dyfrakcyjną.
4. Następnie na ekranie mierzymy odległości y_i pomiędzy prążkiem zerowym (plamka centralna) a prążkami I rzędu ugięcia, znajdującymi się po obu stronach prążka zerowego. Wyniki wpisujemy do tabeli, zapisując jednocześnie rząd ugięcia prążka k.
5. Podobnie jak w pkt. 4 wyznaczamy odległości y_i dla wszystkich, kolejnych prążków wyższego rzędu.

Tabela Odległość ekranu od siatki dyfrakcyjnej x = …….. [cm]

Rząd ugięcia k	Odległość prążka od środka ekranu y_i [cm]	tg α	sinα	d [nm]
			Wartość średnia $d_{śr.}$ =	
			Błąd wartości średniej $\Delta d_{śr.}$ =	
			Zestawienie $\left(d_{śr} \pm \Delta d_{śr}\right)$ =	

Opracowanie wyników

1. Znając położenia prążków dyfrakcyjnych (y_i) oraz odległość ekranu od siatki (x) obliczamy $tg\ \alpha = y_i / x$ dla każdego rzędu ugięcia światła.

2. Otrzymane wartości tangensów przeliczamy na sinusy odpowiednich kątów korzystając z kalkulatora (funkcje: shift $\rightarrow$ tg $\alpha^{-1} \rightarrow$ sinα) lub bezpośrednio ze wzoru: $\sin\alpha = \frac{y_i}{\sqrt{x^2 + y^2}}$.

3. Na podstawie wzoru: $d = \frac{k \cdot \lambda}{\sin\alpha}$ obliczamy stałą siatki dyfrakcyjnej d_i dla kolejnych prążków interferencyjnych. Przyjmujemy długość fali światła laserowego λ = 632.8 nm.
4. Obliczamy wartość średnią znalezionych wartości $d_{śr.}$.

5. Przeprowadzamy rachunek błędu pomiarowego metodą odchylenia standardowego SD, przyjmując, że błąd bezwzględny $\Delta d_{śr.} = 3 \cdot SD$, gdzie:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} \left(d_{śr.} - d_i\right)^2}{n(n-1)}}\,, \qquad n \text{ oznacza krotność pomiaru.}$$

6. Zestawiamy obliczoną wartość średnią $d_{śr}$ z odpowiednio zaokrąglonym błędem bezwzględnym $\Delta d_{śr}$ w postaci: $\left(d_{śr} \pm \Delta d_{śr}\right) jedn.$