

V11A Symulacja interferencji światła

I Pracownia Fizyczna, WFAIS UJ

1. Cel ćwiczenia

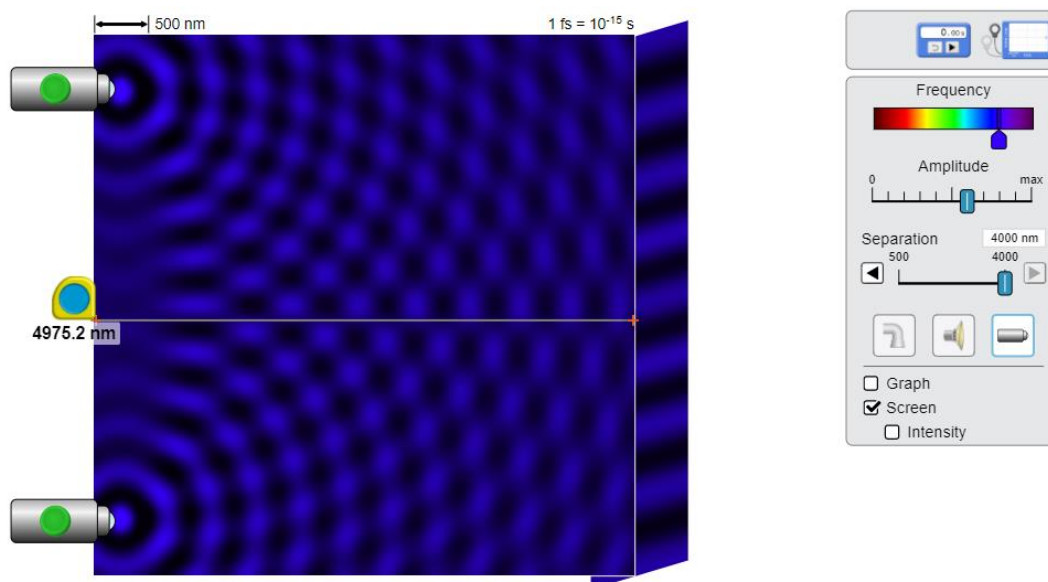
Badanie interferencji światła pochodzącego od i) 2 źródeł punktowych oraz ii) matrycy 4 x 4 źródeł punktowych za pomocą symulacji. Wyznaczenie na podstawie wzorów interferencji, odpowiednio: i) długości światła oraz ii) odległości źródła światła (przedmiot) - ekran (obraz interferencyjny).

2. Podstawowe wiadomości

Podstawowe wiadomości są przedstawione w pierwszej części instrukcji do ćwiczenia [O18](#) (Badanie zjawiska dyfrakcji i interferencji światła laserowego, strony 231-236). Poniżej użyto oznaczeń jak w tej instrukcji oraz odniesiono się do równań z numerami jak w tej instrukcji.

3. Interferencja światła pochodzącego od 2 źródeł punktowych: Układ doświadczalny i możliwy przebieg eksperymentu

Do wykonania ćwiczenia użyj aplikacji z PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>). Jest to platforma zawierająca symulacje z różnych dziedzin nauki, założona przez laureata Nagrody Nobla Carla Wiemana. Użyj symulacji https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html, w panelu Interference, zgodnej z **Rys.1**.



Rys. 1. Układ PhET Interactive Simulations do interferencji światła pochodzącego z układu 2 źródeł punktowych.

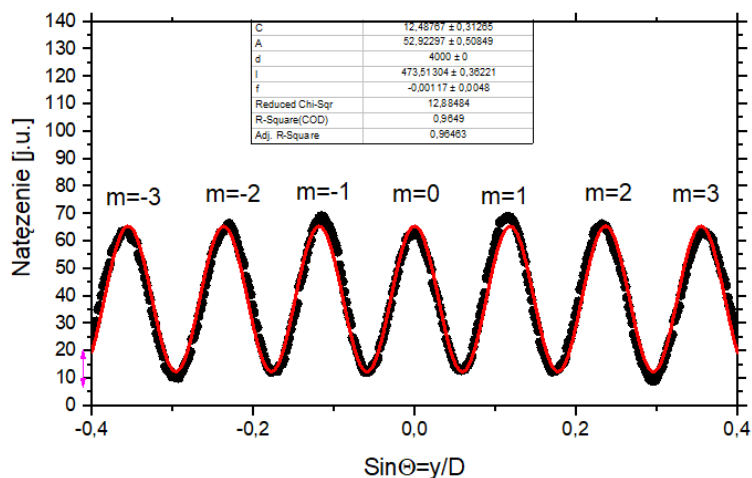
W układzie doświadczalnym (odpowiadającym Rys. 4.12.2 z instrukcji do O18) wybierz parę laserów jako źródła (prawa ikonka pod suwakiem odległości). Możesz zmieniać w sposób przybliżony: częstotść fal składowych (frequency), ich amplitudę (amplitude) oraz w sposób dokładny: odległość d między

źródłami punktowymi (separation). Dodatkowo masz do dyspozycji pryzmat, którym możesz zmierzyć odległość między źródłami (szczelinami w instrukcji O18) a ekranem D oraz rozmiar ekranu Y. Wreszcie możesz włączyć ekran na którym możesz śledzić wzory interferencyjne.

Dla zadanych i zmierzonych, wyżej podanych parametrów, zapisz obraz interferencyjny ‘złapany’ za pomocą programu Narzędzie Wycinanie.

Następnie otwórz go za pomocą darmowego programu ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>). Po jego pobraniu rozpakuj go w dowolnym miejscu i uruchom plik ImageJ.exe. Umieść wszystkie zdjęcia w wybranym folderze. Otwórz wybrany obraz interferencyjny korzystając z menu File ▶ Open... Następnie wybierz z narzędzi prostą (4-ta ikonka od lewej w menu) i zaznacz linię na ekranie równoległą do jego dłuższej krawędzi. Potem wybierz Analize ▶ Set Scale i wpisz jako known distance zmierzoną pryzmatem długość ekranu Y (nie zapomnij o jednostkach). W ten sposób wprowadzisz miarę położenia na ekranie w znanych jednostkach. Następnie wybierz Analize ▶ Plot Profile. Otrzymasz profil widma interferencyjnego czyli zależności natężenia światła na ekranie od pozycji y na ekranie (patrz Rys. 4.12.2 z instrukcji do O18). Dobierz amplitudę symulacji tak aby nie była za duża a wykres miał kształt zbliżony do funkcji sinus/ cosinus. Aby zapisać dane do pliku csv wybierz na tym wykresie na dole Data ▶ Save Data... i zapisz plik. Ponieważ profil widma będzie zależał od czasu, możesz wyznaczyć kilka profili dla różnych czasów aby je później dodać do siebie w programie Origin.

Otwórz w Origin plik z widmem interferencyjnym i zmień **pozycję zero** dla wartości y pozycji na ekranie, tak aby była ona umieszczona symetrycznie między maksimumami interferencyjnymi. Użyj w tym celu Column ▶ Set Column Values przy analizie arkusza danych. Następnie przy pomocy tego samego sposobu podziel wartości przesuniętej pozycji y na ekranie przez zmierzoną odległość D między źródłami a ekranem, aby otrzymać wartości $\sin \Theta = y/D$. Powinieneś otrzymać wykres przypominający ten na **Rys. 2**.



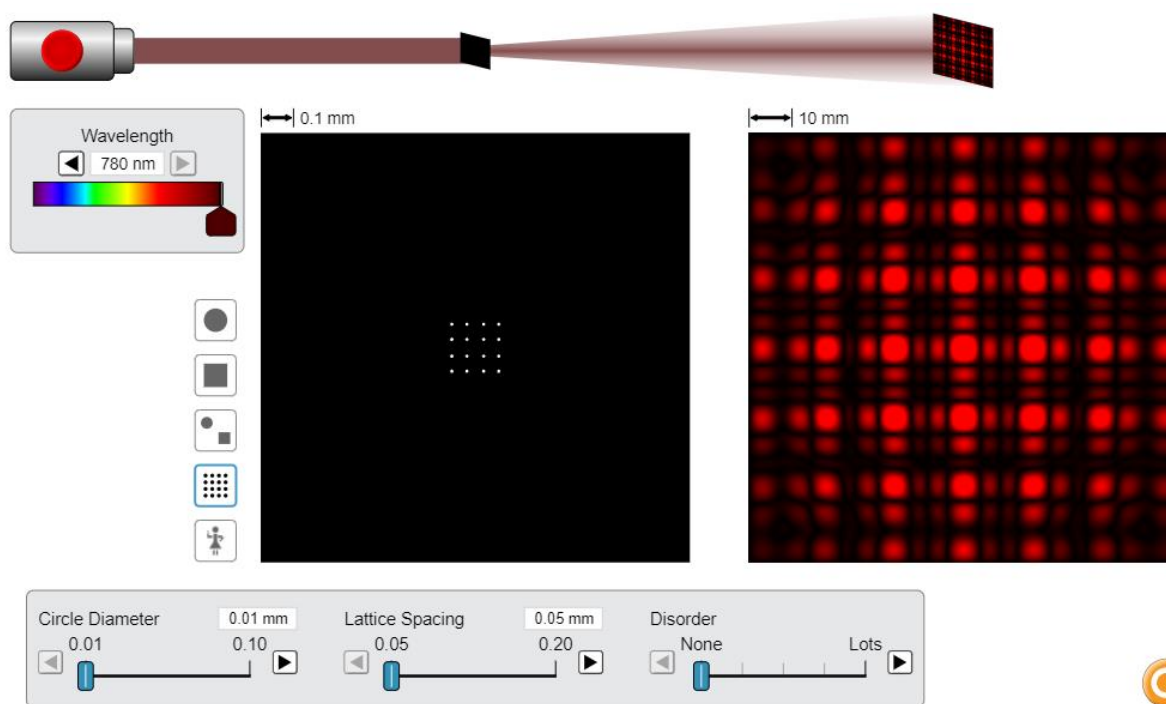
Rys.2. Profil widma interferencyjnego dla przypadku z Rys. 1. Zależność natężenia światła od położenia kąowego na ekranie $\sin \Theta = y/D$, gdzie y – pozycja na ekranie, D – odległość od pary źródeł punktowych do ekranu. Punkty opisują wyniki symulacji a linia ciągła jest dopasowaniem.

Na podstawie wartości zmierzonej odległości d źródeł punktowych oraz otrzymanego wykresu znajdź na podstawie położenia maksimumów m długość fali światła λ użytego w symulacji korzystając z równania (4.12.1). Możesz w tym celu także użyć dopasowania funkcji z równania (4.12.10) z dodatkowymi parametrami takimi jak: stała wartość oraz faza funkcji kwadrat cosinus (patrz **Rys.2**).

Wykonaj podobne eksperymenty dla kilku innych częstotliwości czyli długości światła, oraz kilku różnych odległości d między źródłami punktowymi.

4. Interferencja światła pochodzącego od matrycy 4 x 4 źródeł punktowych: Układ doświadczalny i możliwy przebieg eksperymentu

Do wykonania ćwiczenia użyj aplikacji z PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>). Użyj symulacji https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html, w panelu Diffraction, zgodnej z Rys.3.



Rys. 3. Układ PhET Interactive Simulations do interferencji światła pochodzącego z układu matrycy 4 x 4 źródeł punktowych.

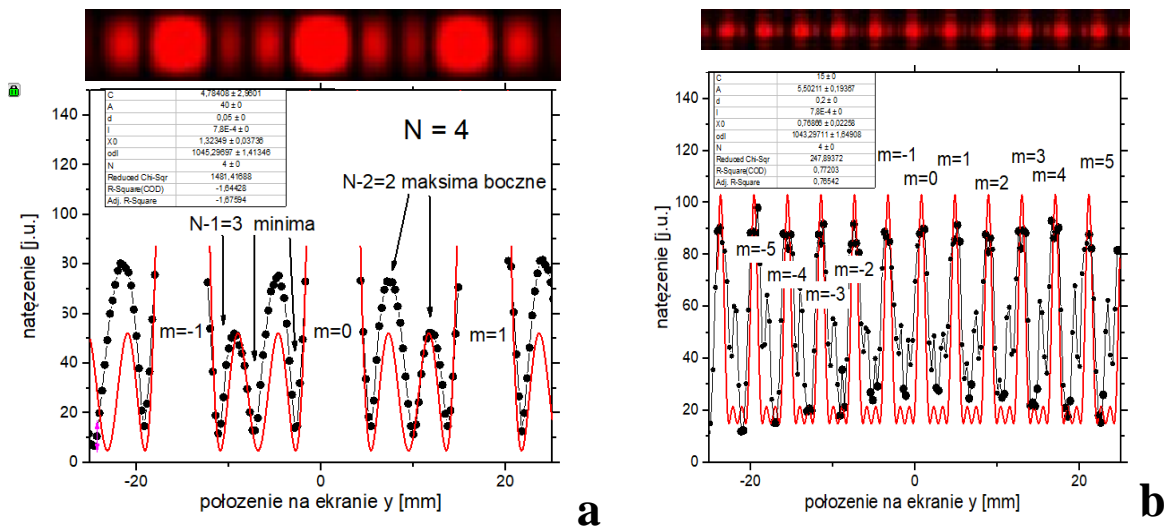
W układzie doświadczalnym (odpowiadającym Rys. 4.12.2 z instrukcji do O18) wybierz matrycę 4 x 4 źródeł światła przez kliknięcie w 4 od góry ikonkę pod panelem z długością fali. Aby te szczeliny dobrze przybliżały *punktowe źródła światła* wybierz najmniejszą możliwą średnicę szczeliny (circle diameter) równą 0.01 mm. Dodatkowo by to była matryca z $N = 4$ (dyskusja po równaniu 4.12.11 w instrukcji O18) wybierz brak nieporządku (Disorder: None).

W układzie od symulacji możesz zmieniać w sposób dokładny: odległość d w matrycy między źródłami punktowymi (lattice spacing) oraz długość fali światła λ (wavelength). Nie masz przymiaru liniowego ale masz za to skale przestrzenne dla matrycy oraz obrazu interferencyjnego.

Postępując jak opisano w punkcie 3 zapisz, dla zadanych parametrów d i λ , obraz interferencyjny (wraz ze skalą przestrzenną) do analizy w programie ImageJ. Wprowadź skalę i aby uzyskać położenie na ekranie y w milimetrach. Uzyskany obraz interferencyjny matrycy jest matrycą. Dokładniejsza relacja między obydwoma matrycami jest opisana jest za pomocą idei sieci przestrzennej i sieci odwrotnej w opracowaniu do ćwiczenia O19. Tutaj nie będziemy się na niej skupiać.

Wyznacz za pomocą programu ImageJ profil widma interferencyjnego dla głównego szeregu lub głównej kolumny matrycy obrazu interferencyjnego. Wykreśl go w programie Origin (**Rys. 4**) zaznaczając maksima główne oraz leżące między nimi: maksima i minima boczne, których liczna zależy od ilość N szczelin w linii matrycy (patrz Rys. 4.12.5 w instrukcji do O18).

Na podstawie wartości położenia y na ekranie maksimumów głównych widma interferencyjnego wyznacz odległość D między matrycą szczelin punktowych a ekranem z obrazem interferencyjnym. Użyj w tym celu znanych wartości: odległości d między źródłami punktowymi oraz długości światła λ . Dla ambitnych: Możesz w tym celu spróbować użyć dopasowania funkcji z równania (4.12.14) z dodatkowymi parametrami takimi jak: stała wartość oraz przesunięcie zera na skali y (patrz **Rys.4**). Zalecane jest jednak wybranie ze zbioru danych z symulacji punktów do dopasowania, które odpowiadają za główne cechy zależności.



Rys. 4. Profile widma interferencyjnego dla przypadku z **Rys. 3**, otrzymane dla różnych odległości d między źródłami punktowymi: **a)** 0.05 mm, **b)** 0.2 mm. Zależność natężenia światła od położenia na ekranie y . Punkty opisują wyniki symulacji a linia ciągła jest dopasowaniem. Zaznaczono maksima główne ($m = 0, +/- 1, \dots$), maksima i minima boczne.

Wykonaj podobne eksperymenty dla kilku różnych odległości d między źródłami punktowymi oraz dla kilku innych długości światła λ .