

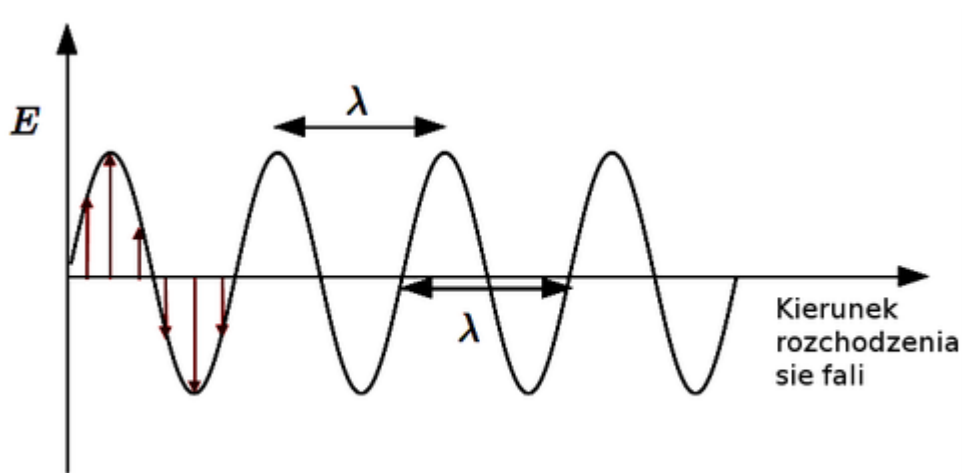
# Interferometr Michelsona

## Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie zjawiska interferencji fal i wyznaczenie długości fali promieniowania mikrofalowego za pomocą interferometru Michelsona.

## Wstęp

Fala elektromagnetyczna to rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektrycznego i magnetycznego. Wektor natężenia pola elektrycznego  $E$  w każdym punkcie zmienia się periodycznie: rośnie do wartości maksymalnej, następnie maleje do zera i zmieniając zwrot znów rośnie do wartości maksymalnej. Linia łącząca końce wektorów natężenia pola elektrycznego w danej chwili ma kształt sinusoidy (Rys. 1). Odległość między punktami w tej samej fazie drgań nazywamy długością fali  $\lambda$ .



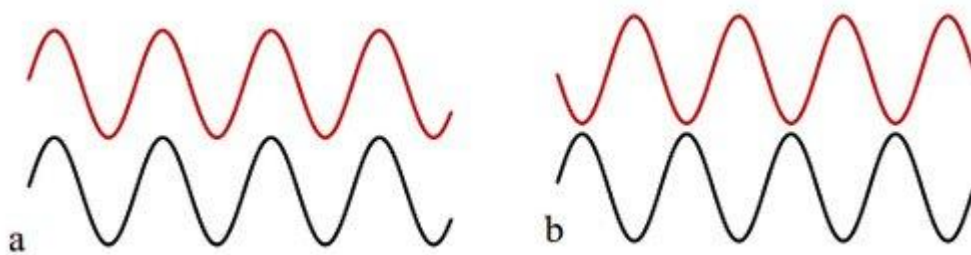
Rys.1

Rozchodzenie się fali elektromagnetycznej

W ćwiczeniu stosowane są fale elektromagnetyczne w zakresie mikrofal o długościach fal rzędu centymetrów.

## Interferencja fal

Zjawisko interferencji fal polega na nakładaniu się dwóch (lub więcej) fal, w wyniku którego fale mogą się w pewnych punktach wzmacniać, a w innych wygaszać. Warunkiem powstania obrazu interferencyjnego jest spójność fal, czyli stała różnica faz i jednakowa częstotliwość. Na rys. 2 a pokazano dwie fale spotykające się w jednakowej fazie – nastąpi wtedy wzmacnienie fali. Na Rys. 2 b fale spotkały się w przeciwnych fazach i całkowicie wygaszą się wzajemnie.

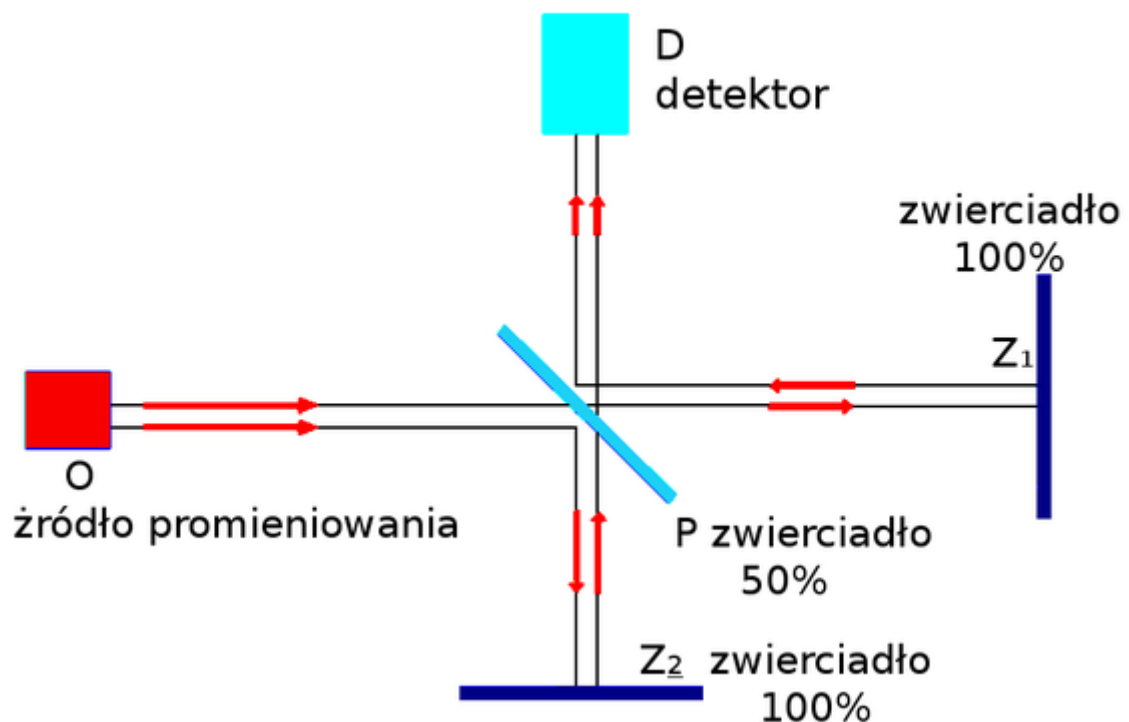


Rys. 2.

Ilustracja nakładania się fal: a) w zgodnych fazach, b) w przeciwnych fazach

### Interferometr Michelsona

Zasada działania interferometru Michelsona przedstawiona jest na Rys. 3. Fala elektromagnetyczna ze źródła  $O$  pada na półprzepuszczalną płytkę  $P$ , która przepuszcza połowę natężenia fali, a połowę odbija. Fala odbita kierowana jest na zwierciadło  $Z_2$ , a następnie po odbiciu, przechodzi przez płytkę  $P$  i trafia do detektora fal elektromagnetycznych  $D$ . Fala, która przeszła przez płytkę  $P$ , odbija się od zwierciadła  $Z_1$ , następnie ulega odbiciu od płytki  $P$  i również trafia do detektora  $D$ . Zwierciadło  $Z_1$  można przesuwac, zmieniając w ten sposób różnicę dróg optycznych fal odbitych od obu zwierciadeł.



Rys.3. Schemat budowy interferometru Michelsona

Jeśli w detektorze spotykają się fale o różnicy dróg optycznych  $\Delta$  równej całkowitej wielokrotności długości fali  $\lambda$ ,

(1)

$$\Delta = n\lambda$$

to fazy fal są zgodne i następuje wzmocnienie fali (Rys. 2a).

Jeśli różnica dróg optycznych fal jest równa nieparzystej wielokrotności połowy długości fali,  
(2)

$$\Delta = (2n+1)\lambda/2$$

fazy fal są przeciwne (Rys. 2b) i następuje wygaszenie.

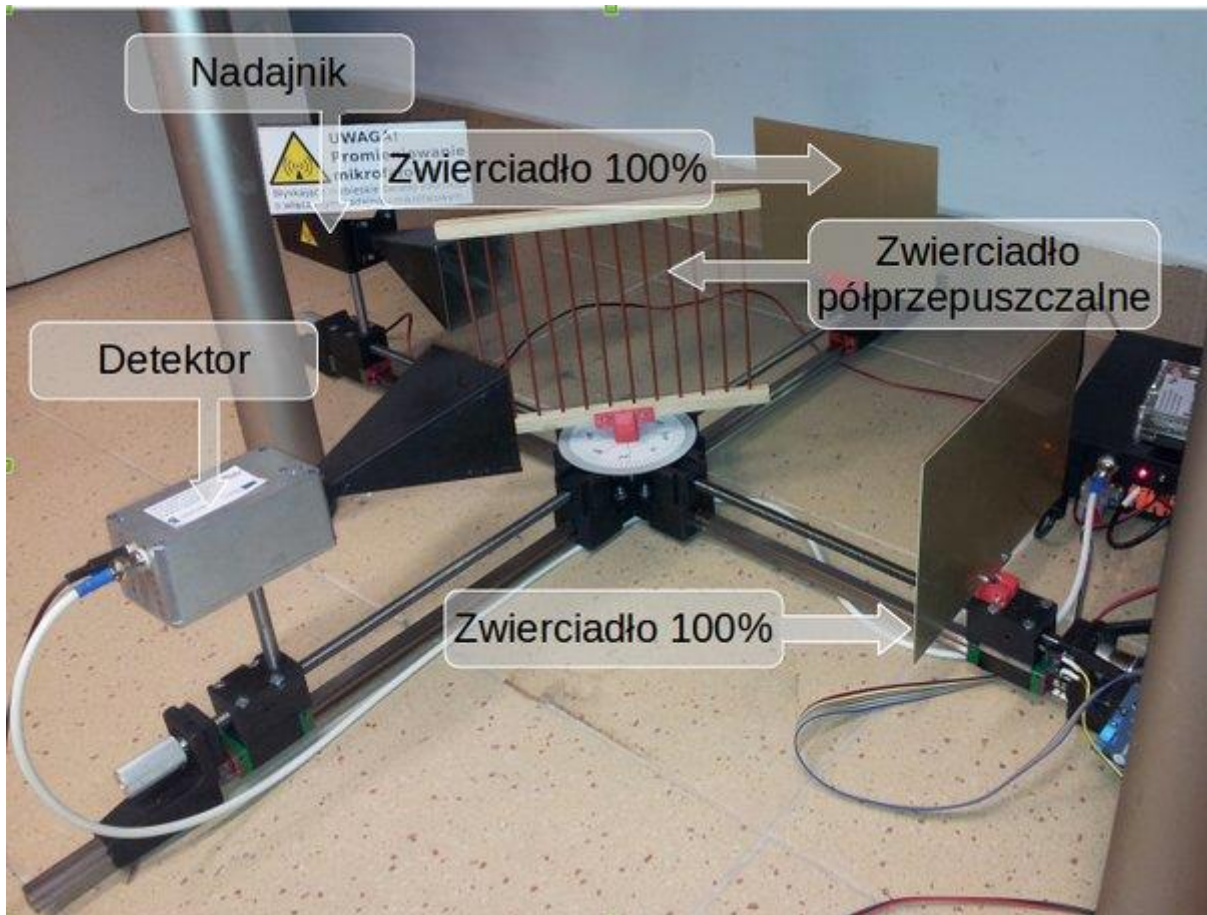
Detektor fal elektromagnetycznych przetwarza natężenie fali na napięcie elektryczne, które jest mierzone woltomierzem. Zmieniając położenie zwierciadła  $Z_1$  i obserwując wskazania detektora fal, można znaleźć najmniejszą odległość  $\lambda$  między położeniami zwierciadła  $Z_1$ , dla których wystąpi maksymalne wzmocnienie natężenia fali. Oznacza to, że różnica dróg optycznych fal równa jest jednej długości fali  $\lambda$ , a  $\delta$  równa jest połowie długości fali  $\delta = \lambda/2$  (fala odbita od zwierciadła  $Z_1$  dwukrotnie przebywa drogę  $\delta$ ). Jeśli zatem  $x$  jest przesunięciem zwierciadła  $Z_1$  odpowiadającym  $n$  kolejnym zmianom maksymalnych wzmocnień obserwowanych w detektorze, to  $n\lambda = 2x$ . Poszukiwana długość fali elektromagnetycznej jest więc:

(3)

$$\lambda = 2xn$$

### Opis układu pomiarowego

Zestaw pomiarowy składa się z nadajnika i odbiornika mikrofal, zwierciadła półprzeźroczystego wykonanego w postaci równoległych prętów metalowych i dwóch zwierciadeł odbijających promieniowanie- jednego nieruchomego oraz drugiego znajdującego się na podstawie przesuwanej przy pomocy silnika krokowego. Jeśli odległości pomiędzy prętami porównywalne są do długości fali promieniowania to część promieniowania przejdzie przez obszar pomiędzy prętami, część zaś ulegnie odbiciu przez przewodzące pręty metalowe. Zatem układ taki stanowi zwierciadło częściowo przepuszczalne. Detektor podłączony jest do układu zamieniającego sygnał napięciowy na cyfrowy, który przekazywany jest dalej do komputera sterującego. Położenie zwierciadła określane jest poprzez zliczenie liczby kroków wykonanych przez silnik od określonego położenia początkowego. Zdjęcie układu pomiarowego prezentuje rys.4.



Rys.4. Zdjęcie układu pomiarowego

## Wykonanie ćwiczenia

Po zalogowaniu się do Laboratorium przyciskiem **Podłącz** wybieramy

- początkowe położenie zwierciadła
- końcowe położenie zwierciadła
- liczbę pomiarów.

Po naciśnięciu przycisku **Start** rozpoczyna się cykl pomiaru. Komputer sterujący ustawia początkowe położenie zwierciadła, które po wykonaniu pomiaru, zmienia o wartość wynikającą z podziału różnicy położenia końcowego i początkowego przez wybraną liczbę punktów pomiarowych. Poprzez sieć internetową wyniki pomiarów są sukcesywnie przesyłane na komputer użytkownika i wyświetlane na ekranie monitora w postaci wykresu zależności wielkości sygnału mikrofalowego odebranego przez detektor

od położenia zwierciadła  $Z_1$ . W dowolnej chwili można przerwać pomiar, zapisać dane na dysku, zmienić parametry i ponownie uruchomić pomiary.

Przesuwając położenie zwierciadła  $Z_1$  należy znaleźć takie położenia, w których zaobserwujemy maksymalne lub minimalne wzmocnienie fali.

## Opracowanie wyników

Długość fali elektromagnetycznej możemy wyznaczyć ze wzoru (3) na wiele sposobów: przyjmując za  $x$  najmniejszą odległość między położeniami zwierciadła, dla których wystąpi wzmocnienie ( $n = 1$ ),  $x$  może też być odległością, na której dwukrotnie wystąpi wzmocnienie ( $n = 2$ ) itd.

Zastanówmy się, jak wyznaczyć długość fali z jak największą dokładnością? Zmianę położenia zwierciadła  $Z_1$ ,  $x$ , wyznaczamy z niepewnością  $\Delta x = 1 \text{ mm}$ . Niepewność wyznaczonej ze wzoru (3) długości fali wynosi:

(4)

$$\Delta \lambda = 2n \Delta x$$

Widzimy, że uzyskamy najmniejszą niepewność  $\Delta \lambda$ , a więc największą dokładność, gdy  $n$  będzie największe.

Wyznaczamy długość fali elektromagnetycznej dla największej, uzyskanej w pomiarach wartości  $n$  ze wzoru (3) oraz jej niepewność ze wzoru (4).