

# Badanie interferencji mikrofal

Marcin Polkowski  
*marcin@polkowski.eu*

17 marca 2008

## Streszczenie

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z działaniem interferometru Michelsona, oraz wyznaczenie za jego pomocą parametrów mikrofal.

## Spis treści

|          |                            |          |
|----------|----------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Wstęp</b>               | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Pomiary</b>             | <b>1</b> |
| 2.1      | Minima i maksima . . . . . | 1        |
| 2.2      | Natężenie fali . . . . .   | 2        |
| <b>3</b> | <b>Podsumowanie</b>        | <b>5</b> |
| <b>4</b> | <b>Bibliografia</b>        | <b>5</b> |

## 1 Wstęp

Interferometr Michelsona<sup>1</sup> jest przyrządem pozwalającym wyznaczać długość fali. Działa na zasadzie interferencji dwóch fal pochodzących z jednego źródła, rozdzielanych za pomocą zwierciadła półprzepuszczalnego i odbijanych od ruchomych zwierciadeł.

Złożenie dwóch fal o identycznych częstościach i amplitudach wyrażone jest wzorem:

$$A(t) = A_0 (\cos \omega t + \cos (\omega t + \varphi))$$

więc natężenie wynosi:

$$I(t) = |A_0 (\cos \omega t + \cos (\omega t + \varphi))|^2$$

## 2 Pomiary

### 2.1 Minima i maksima

Zmierzono współrzędne zwierciadła, dla których uzyskiwano na detektorze maksima i minima natężenia sygnału. Wyniki pomiarów zostały zestawione w tabeli 1 oraz na wykresie 1.

Na podstawie tych pomiarów wyznaczono długość fali<sup>2</sup>. Uzyskano:

$$\frac{1}{2}\lambda = 0,0152 \pm 0,0008 \text{ m}$$

więc

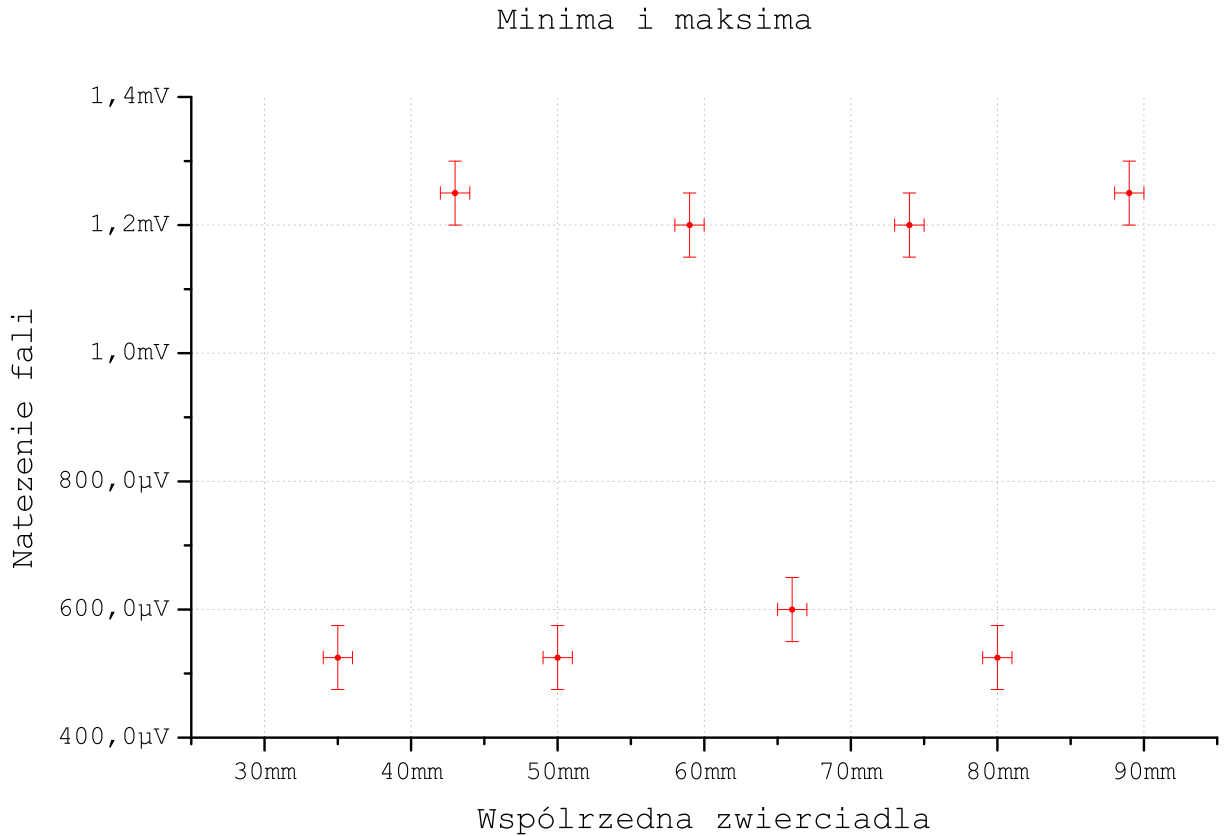
$$\lambda = 0,0304 \pm 0,0016 \text{ m}$$

<sup>1</sup>Albert Abraham Michelson (ur. 19 grudnia 1852 Strzelno, Kujawy, zm. 9 maja 1931 Pasadena, Kalifornia, USA) – amerykański fizyk polskiego pochodzenia, laureat Nagrody Nobla z dziedziny fizyki w 1907 r. za konstrukcję interferometru.

<sup>2</sup>Obliczono średnią odległości między ekstremami (maksimum - maksimum oraz minimum - minimum)

Tabela 1: Wyniki pomiarów minimów i maksimum

|          | współrzędna zwierciadła [m] | natężenia sygnału [V] |
|----------|-----------------------------|-----------------------|
| maksimum | $0,089 \pm 0,001$           | $0,00125 \pm 0,00005$ |
| minimum  | $0,080 \pm 0,001$           | $0,00053 \pm 0,00005$ |
| maksimum | $0,074 \pm 0,001$           | $0,00120 \pm 0,00005$ |
| minimum  | $0,066 \pm 0,001$           | $0,00060 \pm 0,00005$ |
| maksimum | $0,059 \pm 0,001$           | $0,00120 \pm 0,00005$ |
| minimum  | $0,050 \pm 0,001$           | $0,00053 \pm 0,00005$ |
| maksimum | $0,043 \pm 0,001$           | $0,00125 \pm 0,00005$ |
| minimum  | $0,035 \pm 0,001$           | $0,00053 \pm 0,00005$ |



Rysunek 1: Wyniki pomiarów minimów i maksimum

Znając długość fali oraz prędkość ( $c = 299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ) można wyznaczyć jej częstotliwość ze wzoru:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = (0,99 \pm 0,09) \cdot 10^{10} \text{ Hz} \approx 9,9 \text{ GHz}$$

Wartość ta okazała się być zgodna z ustawioną na generatorze (generator ustawiony był na 10 GHz).

## 2.2 Natężenie fali

Kolejnym krokiem był pomiar natężenia fali w funkcji położenia zwierciadła. Uzyskane pomiary zostały przestawione na wykresie 2.

Niestety, po dokonaniu wstępnej analizy pomiarów okazało się, że nie są one zgodne z oczekiwaniami. Oczekiwano całkowitego wygaszania się w punktach minimum, co w rzeczywistości nie miało miejsca. Powodem takiego zachowania się fal

było błędne ustawienie zwierciadła półprzepuszczającego.

Przebieg ten okazał się zgodny z oczekiwanym złożeniem dwóch przebiegów cosinusoidalnych z przesunięciem fazowym:

$$f(x) = a(\cos(\omega x) + \cos(\omega x + b))^2 + c$$

Dopasowano taką krzywą do punktów pomiarowych za pomocą programu *GNU PLOT* otrzymując wartości parametrów:

$$\begin{aligned} a &= -0,0075 \pm 0,0089 \\ b &= -3,3889 \pm 0,1443 \\ c &= 0,0009 \pm 0,0001 \end{aligned}$$

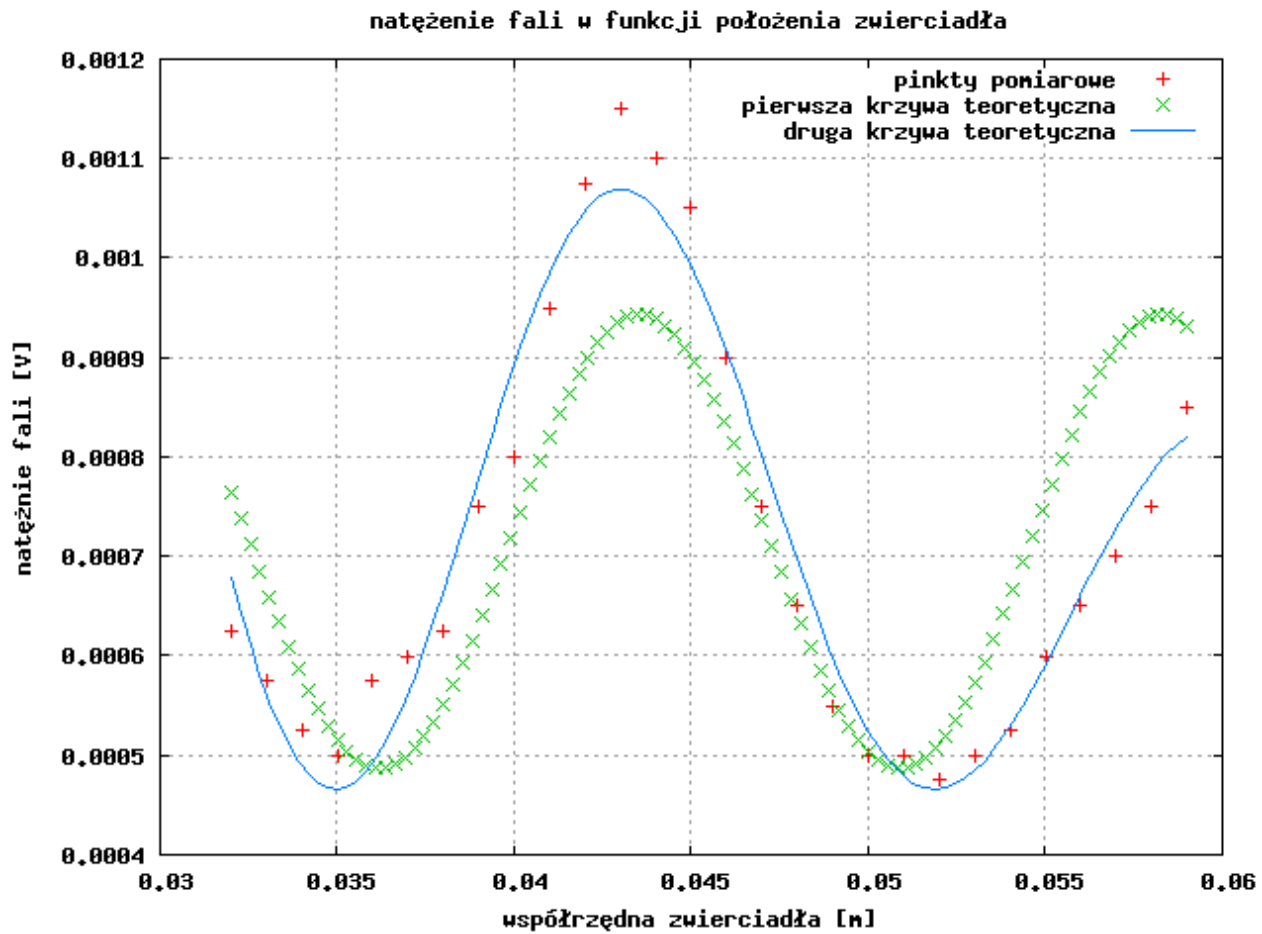
Jak widać na wykresie o takim dopasowaniu nie można powiedzieć, że jest zgodne. Dopasowano więc krzywą zawierającą dodatkowy człon z cosinusem:

$$f(x) = a(\cos(\omega x) + \cos(\omega x + b) + \cos(\omega x + dx + e))^2 + c$$

Otrzymano następujące wartości parametrów:

$$\begin{aligned} a &= 0.0005 \pm 0,0001 \\ b &= -2.7090 \pm 0.1028 \\ c &= 0.0005 \pm 0,0001 \\ d &= 32.7192 \pm 2.5390 \\ e &= -1.1703 \pm 0.1693 \end{aligned}$$

Nowa krzywa okazała się być dużo lepsza dla zebranych danych. Druga krzywa jest prawdopodobnie lepszym przybliżeniem ze względu na opisywanie dodatkowych zjawisk (odbić i interferencji) występujących podczas doświadczenia.



Rysunek 2: Natężenie fali w funkcji położenia zwierciadła

### 3 Podsumowanie

Zapoznano się z działaniem interferometru Michelsona dla mikrofal. Sprawdzono, że częstotliwość wyznaczona interferometrem jest zgodna z wartością ustawioną na generatorze.

Obserwowano również kształt przebiegu zależności natężenia sumy dwóch interferujących fal od położenia jednego ze zwierciadeł.

### 4 Bibliografia

Do sporządzenia niniejszego opisu wykorzystane zostały wiadomości z następujących źródeł:

- Instrukcja do ćwiczenia
- John R. Tylor, *Wstęp do analizy błędów pomiarowych*, Warszawa 1995
- Notatki własne