



# Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych

Katedra Nauk Ogólnokształcących

## SPRAWOZDANIE

z ćwiczenia przeprowadzonego w zintegrowanym laboratorium fizyki, mechaniki i termodynamiki.

Temat ćwiczenia: **Badanie interferencji fal akustycznych.**

Sluchacz: **Igor Buhaj, Łukasz Kusek, Patryk Łudzik**

Grupa: **C9D**

Ćwiczenie zaliczono:

.....

## Spis rysunków

1	Interferencja fali przepuszczonej przez przesłonę z dwoma szczelinami . .	4
2	Obraz interferencyjny dla częstotliwości $f = 5000 \text{ Hz}$ . . . . .	6
3	Obraz interferencyjny dla częstotliwości $f = 6000 \text{ Hz}$ . . . . .	6
4	Obraz interferencyjny dla częstotliwości $f = 7000 \text{ Hz}$ . . . . .	7

# 1 Opis ćwiczenia

Rozchodzenie się fal w trójwymiarowej przestrzeni można często przewidzieć, stosując *zasadę Huygensa*, z której wiemy, że wszystkie punkty czoła fali zachowują się jak punktowe źródła elementarnych kulistych fal wtórnych. Po czasie  $t$  nowe położenie czoła fali jest wyznaczone przez powierzchnię styczną do powierzchni fal wtórnych.

Fala przepuszczona przez przesłonę z dwiema szczelinami rozprzestrzenia się w całym obszarze za przesłoną (w wyniku dyfrakcji) i zachodzi jego interferencja. Interferencja należy do zjawisk superpozycji, prowadzi do wzmocnienia fal lub ich wygaszenia.

Warunkiem dostrzegalnej interferencji dwóch fal spotykających się w jednym jest utrzymanie między nimi stałej w czasie różnicy faz, co oznacza, że fala muszą być spójne.

Interferencja fal w dowolnym punkcie ekranu zależy od różnicy dróg od obu szczelin do tego punktu. Jeżeli różnica ta jest całkowitą wielokrotnością długości fali, to interferencja jest konstruktywna i w punkcie tym występuje maksimum natężenia.

$$\Delta r = n \lambda \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (1)$$

Jeżeli jest ona równa nieparzystej wielokrotności połowy długości fali, to interferencja jest destruktywna i w tym punkcie występuje minimum natężenia.

$$\Delta r = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (2)$$

Warunki występowania maksimum [1] i minimum [2] można uzależnić od odległości między szczelinami  $d$  oraz od kąta  $\alpha$ , który tworzy kierunek światła z osią układu:

$$d \sin \alpha = n \lambda \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (3)$$

$$d \sin \alpha = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (4)$$

Kąt  $\alpha$ , który tworzy kierunek światła z osią układu można związać z odległością  $l$  przesłony od ekranu oraz odległością  $a$  punktu, w którym występuje wzmocnienie lub wygaszenie od osi układu.

$$a = l \tan \alpha \quad (5)$$

Korzystając z [3], [4] oraz [5] wyprowadzamy wzór na odległość wzmocnienia, wygaszenia od osi układu

$$a_{max} = l \tan \left( \arcsin \frac{n \lambda}{d} \right) \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (6)$$

$$a_{min} = l \tan \left[ \arcsin \frac{\left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda}{d} \right] \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (7)$$

Korzystając z tego, że

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (8)$$

otrzymujemy wzór na odległości minimum  $a_{min}$  oraz maksimum  $a_{max}$  w zależności od odległości przesłony (źródeł fali spójnych)  $l$ , odległości pomiędzy szczelinami (źródłami)  $d$ , częstotliwości drgań fali  $f$ , prędkości fali  $v$  oraz numeru kolejnego wzmocnienia (wygaszenia)  $n$

$$a_{max} = l \tan \left( \arcsin \frac{n v}{d f} \right) \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (9)$$

$$a_{min} = l \tan \left[ \arcsin \frac{\left( n + \frac{1}{2} \right) v}{d f} \right] \quad n \in \mathbb{N} \cup \{0\} \quad (10)$$

## 2 Tabela odczytów i pomiarów

$f [Hz]$	Obliczone $a_{max} [m]$	Zmierzone $a_{max} [cm]$ (wykres)
$(5,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$0,216 \pm 0,014$	21,2; 19,2
$(6,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$0,18 \pm 0,01$	14,0; 13,0
$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$0,148 \pm 0,008$	14,6; 15,0

## 3 Opracowanie pomiarów i wyniki. Ocena błędów

Badana fala, to fala akustyczna, której prędkość rozchodzenia opisuje wzór

$$v(t) = 333,1 \sqrt{1 + \frac{t}{273} \frac{m}{s}} \quad (11)$$

Temperaturę przyjmujemy jako  $t = (21 \pm 3)^\circ C$

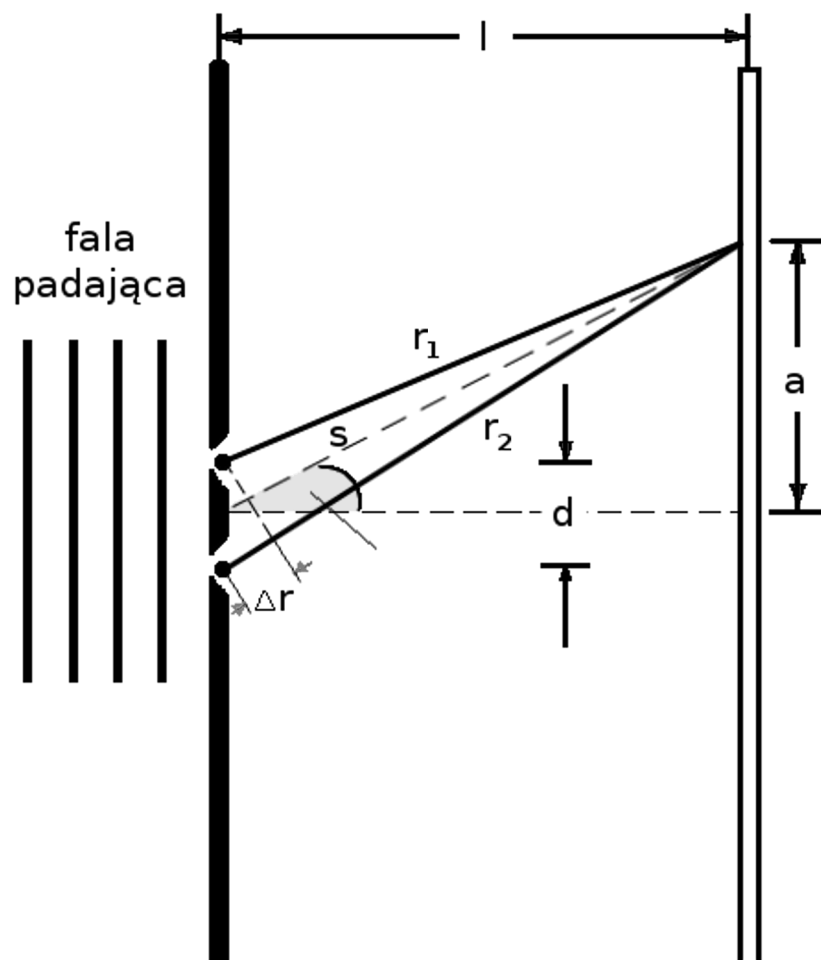
$$v = (345,7 \pm 1,8) \frac{m}{s} \quad (12)$$

Odległość między źródłami (membrany dwóch głośników) wynosiła

$$d = (0,180 \pm 0,005) m \quad (13)$$

Odległość między źródłami a ekranem (mikrofonem) wynosiła

$$l = (0,52 \pm 0,005) m \quad (14)$$



Rysunek 1: Interferencja fali przepuszczonej przez przesłonę z dwoma szczelinami

Korzystając ze wzoru [9] oraz metody różniczki zupełnej

$$\Delta a_{max} = \left| \frac{\partial a_{max}}{\partial l} \right| \Delta l + \left| \frac{\partial a_{max}}{\partial d} \right| \Delta d + \left| \frac{\partial a_{max}}{\partial f} \right| \Delta f + \left| \frac{\partial a_{max}}{\partial v} \right| \Delta v \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial a_{max}}{\partial l} &= \tan \left( \arcsin \frac{n v}{d f} \right) \\ \frac{\partial a_{max}}{\partial d} &= l \cdot \frac{1}{\cos^2 \left( \frac{n v}{d f} \right)} \frac{1}{\sqrt{1 - \left( \frac{n v}{d f} \right)^2}} \frac{n v}{f} \left( -\frac{1}{d^2} \right) \\ \frac{\partial a_{max}}{\partial f} &= l \cdot \frac{1}{\cos^2 \left( \frac{n v}{d f} \right)} \frac{1}{\sqrt{1 - \left( \frac{n v}{d f} \right)^2}} \frac{n v}{d} \left( -\frac{1}{f^2} \right) \\ \frac{\partial a_{max}}{\partial v} &= l \cdot \frac{1}{\cos^2 \left( \frac{n v}{d f} \right)} \frac{1}{\sqrt{1 - \left( \frac{n v}{d f} \right)^2}} \frac{n}{d f} \end{aligned}$$

dla pierwszego wzmocnienia  $n = 1$  obliczamy  $a_{max}$  przy częstotliwościach

- $f = (5, 0 \pm 0, 1) \cdot 10^3 Hz$

$$a_{max} = (0, 216 \pm 0, 014) m$$

- $f = (6, 0 \pm 0, 1) \cdot 10^3 Hz$

$$a_{max} = (0, 18 \pm 0, 01) m$$

- $f = (7, 0 \pm 0, 1) \cdot 10^3 Hz$

$$a_{max} = (0, 148 \pm 0, 008) m$$

Korzystając z danych pomiarowych z obrazowanych na wykresach otrzymaliśmy następujące odległości

- dla  $f = (5, 0 \pm 0, 1) \cdot 10^3 Hz$ , wykres [2]

- $n = 1$ :  $a_{max} = 21, 2 cm$

- $n = -1$ :  $a_{max} = 19, 2 cm$

- dla  $f = (6, 0 \pm 0, 1) \cdot 10^3 Hz$ , wykres [3]

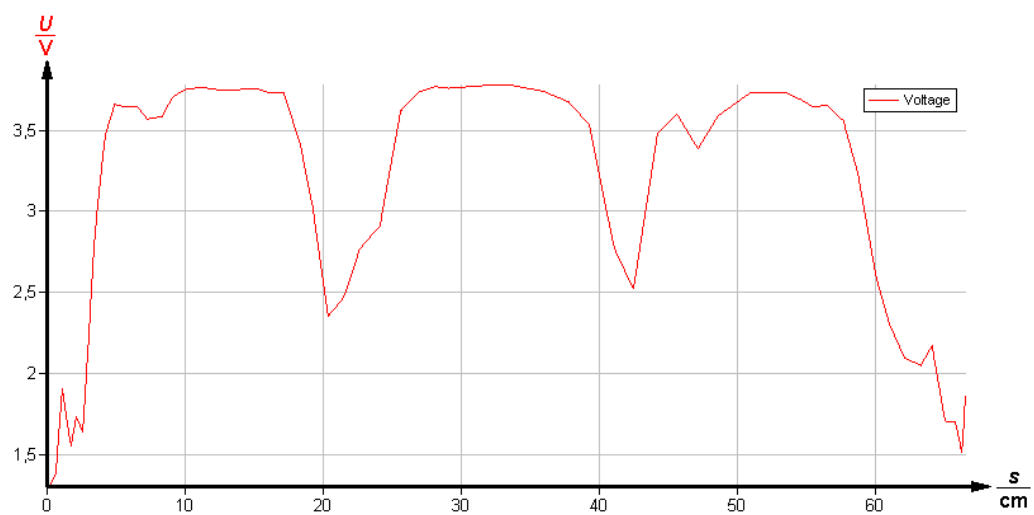
- $n = 1$ :  $a_{max} = 14, 0 cm$

- $n = -1$ :  $a_{max} = 13, 0 cm$

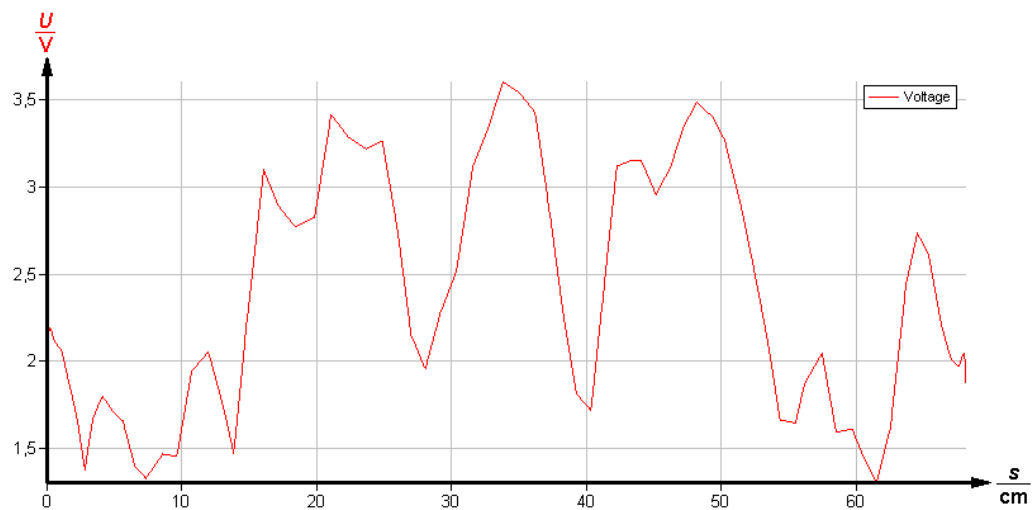
- dla  $f = (7, 0 \pm 0, 1) \cdot 10^3 Hz$ , wykres [4]

- $n = 1$ :  $a_{max} = 14, 6 cm$

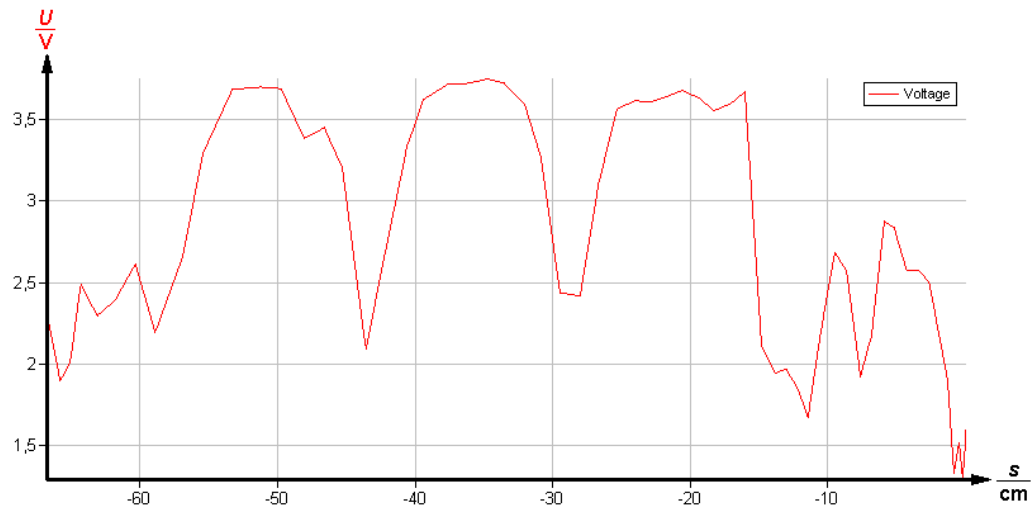
- $n = -1$ :  $a_{max} = 15, 0 cm$



Rysunek 2: Obraz interferencyjny dla częstotliwości  $f = 5000 \text{ Hz}$



Rysunek 3: Obraz interferencyjny dla częstotliwości  $f = 6000 \text{ Hz}$



Rysunek 4: Obraz interferencyjny dla częstotliwości  $f = 7000 \text{ Hz}$

## 4 Wnioski i spostrzeżenia

Przeprowadzone doświadczenie wykazało słuszność wzoru [9]. Pomiary dla  $f = 5000 \text{ Hz}$  oraz  $f = 7000 \text{ Hz}$  potwierdziły wyniki obliczone ze wzorów. Za wyjątkiem  $n = -1$  dla  $f = 5000 \text{ Hz}$  wyniki pomiarowe zmieściły się w granicach błędów.

Pomiar dla  $f = 6000 \text{ Hz}$  należy uznać za nieprawidłowy, gdyż różni się znacząco od wyników obliczeń i jednocześnie jest bardzo zbliżony do wyników dla  $f = 7000 \text{ Hz}$  co nie powinno mieć miejsca w prawidłowym pomiarze.

Pomiar fal akustycznych jest utrudniony, gdyż fale odbijają się od przedmiotów znajdujących się w laboratorium i zakłócają wyniki pomiarów, stąd kilka wyników doświadczenia odrzuciliśmy już na etapie pomiarów.