

<b>Wydział Informatyki</b>	Imię i nazwisko: 1. Kawa Michał 2. Smyda Tomasz	Rok: <b>II</b>	Grupa: <b>5</b>	Zespół: <b>3</b>
<b>PRACOWNIA FIZYCZNA WFIS AGH</b>	Temat: <b>Fale podłużne w ciałach stałych</b>			Nr ćwiczenia: <b>29</b>
Data wykonania: <b>07.11.2023</b>	Data oddania: <b>13.11.2023</b>	Zwrot do popr.:	Data oddania:	Data zaliczenia:
				OCENA:

# Fale podłużne w ciałach stałych

## Ćwiczenie nr 29

Kawa Michał  
Smyda Tomasz

### Spis treści

<b>1 Wstęp</b>	<b>3</b>
1.1 Cel ćwiczenia . . . . .	3
<b>2 Opis ćwiczenia</b>	<b>3</b>
<b>3 Układ pomiarowy</b>	<b>3</b>
<b>4 Przebieg doświadczenia</b>	<b>4</b>
<b>5 Wyniki pomiarów</b>	<b>4</b>
<b>6 Opracowanie wyników pomiaru</b>	<b>4</b>
6.1 Niepewności pomiarowe typu B . . . . .	4
6.2 Badanie mosiężnego pręta . . . . .	5
6.2.1 Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku . . . . .	5
6.2.2 Wyznaczenie modułu Younga materiału . . . . .	5
6.3 Badanie stalowego pręta . . . . .	5
6.3.1 Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku . . . . .	6
6.3.2 Wyznaczenie modułu Younga materiału . . . . .	6
6.4 Badanie miedzianego pręta . . . . .	6
6.4.1 Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku . . . . .	6
6.4.2 Wyznaczenie modułu Younga materiału . . . . .	6
6.5 Badanie aluminiowego pręta . . . . .	7

6.5.1	Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku . . . . .	7
6.5.2	Wyznaczenie modułu Younga materiału . . . . .	7
<b>7</b>	<b>Wnioski</b>	<b>7</b>

## 1 Wstęp

### 1.1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było wyznaczenie długości fali  $\lambda$ , prędkości fali  $v$  oraz modułu Younga  $E$  dla różnych materiałów na podstawie pomiaru częstotliwości  $f$  fal dźwiękowych w pręcie.

## 2 Opis ćwiczenia

Prędkość rozchodzenia się fali w pręcie wytworzonym z jednorodnego materiału o gęstości  $\rho$  dana jest wzorem:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Po przekształceniu otrzymujemy wzór na moduł Younga:

$$E = \rho v^2$$

W badanym pręcie fala wywołana przez nas interferuje z falą odbitą, tworząc falę stojącą. Odległość między węzłami tej fali stanowi połowę jej długości, więc:

$$l = \frac{1}{2}\lambda$$

Po określeniu częstotliwości  $f$  fali oraz odległości  $l$  między węzłami (w tym przypadku jest ona równa długości pręta), przy użyciu wzoru poprzedniego możemy wyprowadzić wzór na prędkość rozchodzenia się fali:

$$v = 2lf$$

Korzystając z poprzednich wzorów możemy wyrazić moduł Younga w postaci

$$E = 4\rho l^2 f^2$$

## 3 Układ pomiarowy

Głównymi elementami stanowiska były 4 pręty wykonane z różnych materiałów: aluminium, miedzi, stali oraz mosiądzu, o długościach ok. 200 cm każdy i komputera z zainstalowanym oprogramowaniem Zelscope do mierzenia częstotliwości fal. Dodatkowo w skład układu pomiarowego wchodziły:

- suwmiarka o dokładności 0,005 cm;
- miarka o dokładności 0,1 cm;
- waga elektroniczna o dokładności 1 g;
- mikrofon;
- młotek, który służył do wprowadzania prętu w drgania.

## 4 Przebieg doświadczenia

Na początku ćwiczenia zapoznaliśmy się z nieznanym wcześniej przez nas oprogramowaniem Zelscope dostępnym na komputerze. Następnie wykonaliśmy pomiary na danych próbkach materiałów, w celu obliczenia wartości gęstości danych materiałów oraz porównaliśmy je z wartościami tablicowymi. Później wprowadzaliśmy pręty w ruch drgający za pomocą młotka, uderzając pręt z przeciwnego końca, gdzie znajdował się mikrofon i zapisywaliśmy częstotliwości dla odpowiednich harmoniczných. Na końcu zmierzaliśmy długości prętów.

## 5 Wyniki pomiarów

Materiał próbki	Średnica [cm]	Długość [cm]	Objętość [cm <sup>3</sup> ]	Masa [g]	Gęstość [ $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ]	Wartość tablicowa gęstości [ $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ]
Mosiądz	1,2	12	13,57	114	8,4	8,73
Stal	1,2	12	13,57	106	7,81	7,9
Miedź	1,2	12	13,57	120	8,84	8,96
Aluminum	1,6	12	24,13	69	2,86	2,7

Tabela 1: Wyniki pomiaru gęstości materiałów

## 6 Dalsze wyniki oraz ich opracowanie

### 6.1 Niepewności pomiarowe typu B

Zasadniczymi niepewnościami były przyrządy pomiarowe z pewnymi niedokładnościami: suwmiarka, miarka, waga elektroniczna i mikrofon:

- niedokładność suwmiarki:  $u(d_s) = 0,005 \text{ cm}$ ;
- niedokładność miarki:  $u(d_m) = 0,01 \text{ cm}$ ;
- niedokładność wagi:  $u(m) = 1 \text{ g}$ ;
- niedokładność mikrofonu:  $u(f) = 25 \text{ Hz}$

## 6.2 Badanie mosiężnego pręta

Nr harmonicznej	Częstotliwość fali [Hz]	$u(\lambda_i)$ [m]	Długość fali [m]	$u(v_i)$ [ $\frac{m}{s}$ ]	Prędkość fali [ $\frac{m}{s}$ ]
1	889,41	0,00020	4,042	101	3594,995
2	1758,82	0,00010	2,021	51	3554,575
3	2647,06	0,000067	1,347	34	3565,59
4	3535,29	0,000050	1,011	25	3574,178
5	4429,41	0,000040	0,808	20	3578,963
6	5282,35	0,000033	0,674	17	3560,304

**Tabela 2:** Wyniki dla mosiądzu

### 6.2.1 Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku

Prędkość dźwięku  $\bar{v}_{CuZn}$  w pręcie mosiężnym wynosi:

$$u(\bar{v}_{CuZn}) \approx 21 \frac{m}{s}$$

$$\bar{v}_{CuZn} = \frac{\sum_{i=1}^6 v_i}{6} \approx 3571 \frac{m}{s}$$

### 6.2.2 Wyznaczenie modułu Younga materiału

Wyliczając wartość modułu Younga otrzymujemy:

$$E = 107,143 \text{ GPa}$$

$$U(E) = 19,859 \text{ GPa}$$

Porównując wartość otrzymaną z tablicową równą 103 GPa - 124 GPa, stwierdzamy, że wyliczona wartość jest prawidłowa.

## 6.3 Badanie stalowego pręta

Nr harmonicznej	Częstotliwość fali [Hz]	$u(\lambda_i)$ [m]	Długość fali [m]	$u(v_i)$ [ $\frac{m}{s}$ ]	Prędkość fali [ $\frac{m}{s}$ ]
1	1258,82	0,00020	3,936	98	4954,716
2	2517,65	0,00010	1,968	49	4954,735
3	3776,47	0,000067	1,312	33	4954,729
4	5070,59	0,000050	0,984	25	4989,461
5	6329,41	0,000040	0,787	20	4981,246
6	7588,24	0,000033	0,656	16	4977,885

**Tabela 3:** Wyniki dla stali

### 6.3.1 Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku

Prędkość dźwięku  $\bar{v}_{\text{FeC}}$  w pręcie stalowym wynosi:

$$u(\bar{v}_{\text{FeC}}) \approx 23 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\bar{v}_{\text{FeC}} = \frac{\sum_{i=1}^6 v_i}{6} \approx 4967 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 6.3.2 Wyznaczenie modułu Younga materiału

Wyliczając wartość modułu Younga otrzymujemy:

$$E = 192,679 \text{ GPa}$$

$$U(E) = 25,798 \text{ GPa}$$

Porównując wartość otrzymaną z tablicową równą 190 GPa - 210 GPa, stwierdzamy, że wyliczona wartość jest prawidłowa.

## 6.4 Badanie miedzianego pręta

Nr harmonicznej	Częstotliwość fali [Hz]	$u(\lambda_i)$ [m]	Długość fali [m]	$u(v_i)$ [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]	Prędkość fali [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]
1	964,71	0,00020	3,972	99	3831,828
2	1929,41	0,00010	1,986	50	3831,808
3	2882,35	0,000067	1,324	33	3816,231
4	3835,29	0,000050	0,993	25	3808,443
5	4811,76	0,000040	0,794	20	3820,537
6	5788,24	0,000033	0,662	17	3831,815

**Tabela 4:** Wyniki dla miedzi

### 6.4.1 Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku

Prędkość dźwięku  $\bar{v}_{\text{Cu}}$  w pręcie miedzianym wynosi:

$$u(\bar{v}_{\text{Cu}}) \approx 23 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\bar{v}_{\text{Cu}} = \frac{\sum_{i=1}^6 v_i}{6} \approx 3822 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 6.4.2 Wyznaczenie modułu Younga materiału

Wyliczając wartość modułu Younga otrzymujemy:

$$E = 129,116 \text{ GPa}$$

$$U(E) = 21,953 \text{ GPa}$$

Porównując wartość otrzymaną z tablicową równą 110 GPa - 135 GPa, stwierdzamy, że wyliczona wartość jest prawidłowa.

## 6.5 Badanie aluminiowego pręta

Nr harmonicznej	Częstotliwość fali [Hz]	$u(\lambda_i)$ [m]	Długość fali [m]	$u(v_i)$ [ $\frac{m}{s}$ ]	Prędkość fali [ $\frac{m}{s}$ ]
1	1294,12	0,00020	4,004	100	5181,656
2	2600	0,00010	2,002	50	5205,2
3	3894,12	0,000067	1,335	33	5198,65
4	5176,47	0,000050	1,001	25	5181,646
5	6505,88	0,000040	0,801	20	5211,21
6	7788,24	0,000033	0,667	17	5194,756

**Tabela 5:** Wyniki dla aluminium

### 6.5.1 Wyznaczenie prędkości dźwięku w ośrodku

Prędkość dźwięku  $\bar{v}_{Cu}$  w pręcie aluminiowym wynosi:

$$u(\bar{v}_{Cu}) \approx 23 \frac{m}{s}$$

$$\bar{v}_{FeC} = \frac{\sum_{i=1}^6 v_i}{6} \approx 5195 \frac{m}{s}$$

### 6.5.2 Wyznaczenie modułu Younga materiału

Wyliczając wartość modułu Younga otrzymujemy:

$$E = 77,206 \text{ GPa}$$

$$U(E) = 9,834 \text{ GPa}$$

Porównując wartość otrzymaną z tablicową równą 69 GPa, stwierdzamy, że wyliczona wartość jest prawidłowa.

## 7 Wnioski

Wszystkie wyliczone wartości są zgodne z wartościami tablicowymi, więc można uznać, że całość doświadczenia została przeprowadzona z powodzeniem. Na podstawie tabel 2-5 widać również, że prędkość fali w materiałach nie zależy od częstotliwości.