

# Wyznaczanie prędkości rozchodzenia się fal akustycznych w prętach

## Ćwiczenie nr 122 z działu Mechanika

Maciej Kaszkowiak, Lab 4, 151856

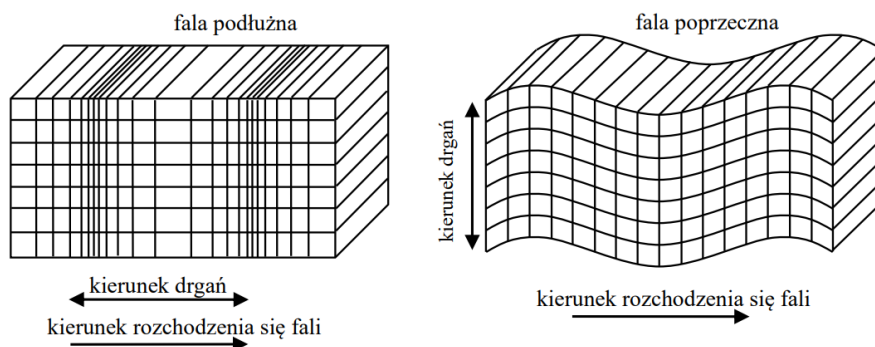
### 1 Cel ćwiczenia

Przeprowadzone ćwiczenie ma następujący cel:

1. Wyznaczenie prędkości rozchodzenia się fal akustycznych w prętach wykonanych z różnych materiałów oraz modułów Younga tych materiałów.

### 2 Wstęp teoretyczny

Fale akustyczne są rodzajem fal mechanicznych, które powstają w wyniku wychylenia elementu ośrodka sprężystego ze stanu równowagi. W konsekwencji tego, drgania te są przekazywane pomiędzy poszczególnymi cząsteczkami ośrodka, powodując przemieszczanie się zaburzenia, a tym samym, fali. Wyróżniamy dwa rodzaje fal akustycznych: podłużne i poprzeczne. Te pierwsze mogą rozchodzić się we wszystkich ośrodkach materialnych, zaś te drugie tylko w ciałach stałych lub bardzo lepkich cieczach. Prędkość rozchodzenia się fal akustycznych jest zależna od sprężystości i gęstości ośrodka. W przypadku, gdy średnica pręta jest porównywalna do długości fali akustycznej lub mniejsza, drgania nie mają charakteru czysto podłużnego. W niniejszym sprawozdaniu będziemy zajmować się wyznaczaniem prędkości rozchodzenia się fal akustycznych w prętach.



Rysunek 1: Uproszczony obraz fal mechanicznych: podłużnej i poprzecznej

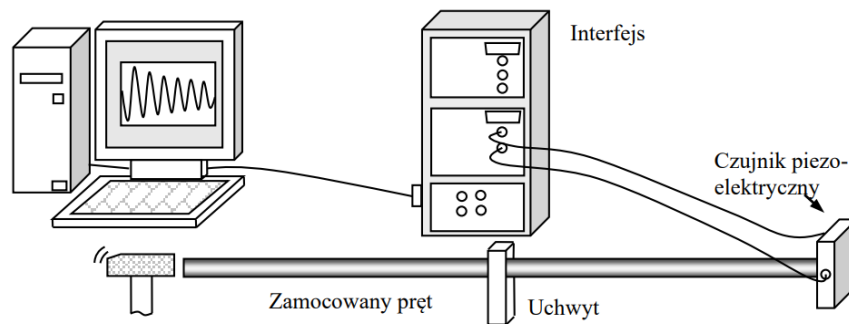
### 3 Przebieg ćwiczenia

Włączyliśmy urządzenia na stanowisku oraz komputer. Otworzyliśmy program Cassylab służący do przeprowadzania pomiarów. Dla wszystkich czterech dostępnych prętów (z miedzi, stali, mosiądzu oraz aluminium):

1. Umieściliśmy pręt w uchwycie oraz dosunęliśmy go do czujnika piezoelektrycznego.
2. Włączyliśmy program Cassylab w stan czuwania.
3. Za pomocą młoteczka delikatnie uderzyliśmy w środek powierzchni poprzecznej pręta.
4. Odczytaliśmy czas  $t_1$  oraz  $t_n$  dla ostatniego impulsu możliwego do zmierzenia.

Punkty 2-4 powtórzyliśmy do uzyskania czterech dokładnych pomiarów dla pręta.

Ponadto dla każdego pręta zmierzaliśmy długość oraz średnicę. Średnicę zmierzaliśmy w trzech różnych miejscach pręta w celu uzyskania uśrednionej wartości.



Rysunek 2: Schemat stanowiska pomiarowego.

## 4 Wyniki pomiarów

Nr pomiaru	$t_1$ (ms)	$t_8$ (ms)	$\Delta t$ (ms)
1	0.13	4.37	0.6057
2	0.13	4.39	0.6086
3	0.13	4.38	0.6071
4	0.16	4.41	0.6071

Tabela 1: Pomiary czasu rozchodzenia się fali w stalowym pręcie.

Nr pomiaru	$t_1$ (ms)	$t_9$ (ms)	$\Delta t$ (ms)
1	0.18	4.77	0.5738
2	0.13	4.78	0.5813
3	0.16	4.76	0.5750
4	0.16	4.81	0.5813

Tabela 2: Pomiary czasu rozchodzenia się fali w aluminiowym pręcie.

Nr pomiaru	$t_1$ (ms)	$t_6$ (ms)	$\Delta t$ (ms)
1	0.57	4.67	0.8200
2	0.61	4.71	0.8200
3	0.56	4.66	0.8200
4	0.58	4.67	0.8180

Tabela 3: Pomiary czasu rozchodzenia się fali w miedzianym pręcie.

Nr pomiaru	$t_1$ (ms)	$t_6$ (ms)	$\Delta t$ (ms)
1	0.54	4.53	0.7980
2	0.55	4.55	0.8000
3	0.56	4.57	0.8020
4	0.56	4.56	0.8000

Tabela 4: Pomiary czasu rozchodzenia się fali w mosiężnym pręcie.

Materiał	$l$ (cm)	$\varnothing_1$ (cm)	$\varnothing_2$ (cm)	$\varnothing_3$ (cm)	$\overline{\varnothing}$ (cm)
Mosiądz	149.5	11.9	11.96	12.1	11.9867
Miedź	149.6	11.88	12	11.98	11.9533
Stal	149.5	12	11.94	11.88	11.9400
Aluminium	149.5	11.96	11.94	11.92	11.9400

Tabela 5: Pomiary długości  $l$  oraz średnicy  $\varnothing$  dla poszczególnych prętów.

Pomiar długości został wykonany z dokładnością do 1 mm. Pomiary średnicy zostały wykonane z dokładnością 0.2 mm. Ze względu na przeoczenie w trakcie wykonywania pomiarów, nie zmierzaliśmy masy poszczególnych prętów. W celu przeprowadzenia obliczeń posłużyliśmy się teoretyczną wartościami gęstości:

Materiał	Gęstość $\rho$ ( $\frac{kg}{m^3}$ )	$\Delta\rho$
Mosiądz	8595	155
Miedź	8960	1
Stal	7900	400
Aluminium	2700	1

Tabela 6: Teoretyczne wartości gęstości dla poszczególnych materiałów.

Pragniemy w tym miejscu zauważyć, że teoretyczne wartości odbiegają od rzeczywistych. Dla stopów stali oraz mosiądzu występują przedziały gęstości, spośród których musieliśmy wybrać jedną wartość. Dla mosiądzu wybraliśmy wartość środkową z dopuszczalnego przedziału gęstości. Dla stali wybraliśmy powszechnie przyjmowaną wartość z niepewnością odwzorowującą dopuszczalny przedział gęstości. Nie byliśmy w stanie pozyskać rzeczywistych pomiarów masy od innej grupy. W przypadku posiadania pomiarów masy, do wyznaczenia gęstości posłużylibyśmy się następującymi wzorami:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

$$V = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot L \quad (2)$$

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 L \quad (3)$$

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 L} \quad (4)$$

Dla powyższego wzoru na gęstość niepewność wynosi  $\Delta\rho$  z wykorzystaniem rachunku różniczkowego:

$$\Delta\rho = \rho \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{2\Delta d}{d}\right) \quad (5)$$

## 5 Opracowanie wyników

Wykorzystując wzór na prędkość rozchodzenia się podłużnych fal sprężystych w pręcie:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (6)$$

Możemy wyprowadzić wzór na moduł Younga  $E$ :

$$E = v^2 \cdot \rho \quad (7)$$

Gdzie prędkość rozchodzenia się podłużnych fal sprężystych w pręcie możemy obliczyć poprzez:

$$v = \frac{2l}{\Delta t} \quad (8)$$

$l$  oznacza długość pręta, natomiast  $\Delta t$  oznacza czas przebiegu zaburzenia w pręcie (tam i z powrotem).

Materiał	Długość (cm)	$\Delta t$ (ms)	$V$ ( $\frac{m}{s}$ )	$\rho$ ( $\frac{kg}{m^3}$ )	Moduł $E$ (GPa)
Mosiądz	149.5	0.8000	3737.500	8595	120.06
Miedź	149.6	0.8195	3651.007	8960	119.44
Stal	149.5	0.6071	4924.706	7900	191.60
Aluminium	149.5	0.5778	5174.689	2700	72.30

Tabela 7: Obliczone wartości modułu Younga dla poszczególnych prętów.

Materiał	$V$ ( $\frac{m}{s}$ )	Teoretyczne $V$	Moduł Younga $E$ (GPa)	Teoretyczne $E$
Mosiądz	3737.500	3500	120.06	103
Miedź	3651.007	3710	119.44	79-130
Stal	4924.706	4990	191.60	215
Aluminium	5174.689	5100	72.30	62-73

Tabela 8: Zestawienie obliczonych wartości z wartościami teoretycznymi dla poszczególnych prętów. Wartości teoretyczne przyjęte dla temperatury 20 stopni Celsjusza.

TODO: niepewność pomiarowa modułu Younga oraz prędkości  $V$ .

## 6 Wnioski

TODO: Pomiary złe. Prędkość fali zbliżona do teoretycznej. Miedź i aluminium zgadzają się z teorią. Mosiądz i stal lekki rozjazd (bo gęstość z neta). Gdyby nie gęstość to dobrze by wszystko legancko wyszło. Błąd paralaksy. XD

## 7 Bibliografia

1. *Wyznaczanie prędkości rozchodzenia się fal akustycznych w prętach* (Krzysztof Łapsa)