

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.		Rok	Grupa	Zespół
PRACOWNIA FIZYCZNA WFIS AGH	Temat: Fale podłużne w ciałach stałych				Nr ćwiczenia 29
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

Ćwiczenie nr 29: Fale podłużne w ciałach stałych

Cel ćwiczenia

Wyznaczenie modułu Younga dla różnych materiałów na podstawie pomiaru prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej w pręcie.

Zagadnienia kontrolne

1. Podaj definicję ruchu falowego i omów wielkości fizyczne: amplitudę, fazę, przesunięcie fazowe, okres, częstotliwość, długość fali, wektor falowy.
2. Czym różni się fala podłużna od poprzecznej? Podaj przykłady takich fal.
3. Czym są fale harmoniczne? Jak wyznacza się częstotliwości kolejnych harmonicznych na podstawie znajomości częstotliwości podstawowej?
4. Od czego zależy prędkość rozchodzenia fal sprężystych?
5. Omów zjawisko interferencji fal. Czym jest fala stojąca?
6. Scharakteryzuj drgania prętów, strun i słupów powietrza.
7. Moduł Younga – podaj definicję i jednostkę.
8. Podaj prawo Hooke’a.

1. Aparatura pomiarowa

1. Komputer stacjonarny z systemem Windows 11 i mikrofonem
2. Zainstalowane oprogramowanie Zelscope
3. Zestaw prętów o różnych przekrojach (stalowe, miedziane, mosiężne, aluminiowe)
4. Suwmiarka
5. Śruba mikrometryczna
6. Miarka w rolce o podziałce 1 mm
7. Młotek
8. Waga elektroniczna firmy RADWAG model WTB 200 o dokładności 0,001 g
9. Waga Detecto firmy CompArt o dokł. 1 g

2. Metoda pomiaru

1. W celu wyznaczenia gęstości poszczególnych materiałów należy zważyć i zmierzyć próbki wykonane z tych samych materiałów, z których wykonane są pręty, bądź same pręty, jeśli nie ma odpowiadających im próbek. Zmierzyć długość prętów. Wyniki pomiarów zapisać w Tabeli 1.
2. Zapoznać się z obsługą programu Zelscope
 - Menu *Settings* → *ADC and buffer length* wybrać maksymalną częstotliwość próbkowania
 - Panel główny *HORIZONTAL* zmienić z *TIME* na *FREQ*

- Przyciski *Play* i *Pause* pozwalają wybrać odpowiedni moment do odczytu (kiedy wyraźnie widoczne jest jak najwięcej pików odpowiadających kolejnym harmonicznym)
 - Zakres częstotliwości (oś pozioma) można zmieniać strzałkami $\rightarrow$ i $\leftarrow$ w okienku *HORIZONTAL* panelu głównego, a zakres mocy (oś pionowa) strzałkami $\uparrow$ i $\downarrow$ w okienku *VERTICAL* panelu głównego.
3. Ustawić mikrofon przy jednym końcu wybranego pręta
 4. Uderzyć (z wyczuciem) młotkiem w drugi koniec pręta podwieszonego na dwóch niciach przy włączonej funkcji *Play* programu Zelscope. Obserwować jaki obraz powstaje na oscyloskopie w programie Zelscope (odczyt obrazu po szybkiej transformacji Fouriera FFT). Zatrzymać obraz włączając funkcję *Pause*.
 5. Odczytać z ekranu (wybierając położenie klawiszem myszki) częstotliwości dla poszczególnych harmonicznym. Wyniki zapisać w Tabeli 2.

3. Opracowanie wyników

1. Na podstawie pomiarów geometrycznych próbek prętów (Tabela 1) obliczyć ich objętość, i na tej podstawie wyznaczyć gęstość, a także niepewności tych wielkości (z prawa przenoszenia niepewności)

Tabela 1. Wyniki pomiarów masy m i wymiarów geometrycznych próbek prętów, a także długości prętów l , wraz z wyznaczoną objętością V i gęstością ρ

		Próbka 1		Próbka 2		Próbka 3		Próbka 4	
Materiał									
m [g]	$u(m)$ [g]								
h [cm]	$u(h)$ [cm]								
d [cm]	$u(d)$ [cm]								
l [cm]	$u(l)$ [cm]								
V [cm ³]	$u(V)$ [cm ³]								
$\rho=m/V$ [g/cm ³]	$u(\rho)$ [g/cm ³]								

2. Obliczyć długości fali λ_k odpowiadające poszczególnym harmonicznym (Tabela 2), w tym celu skorzystać z następującej zależności:

$$\lambda_k = \frac{2l}{k}, \quad (1)$$

gdzie: l jest długością pręta, a k numerem harmonicznym.

Tabela 2. Częstotliwości składowych harmonicznych zarejestrowane dla poszczególnych prętów oraz wyliczone długości fali λ_k i prędkość fali dźwiękowej v

Materiał	Nr harmonicznej k	Częstotliwość f_k [Hz]	Długość fali λ_k [m]	Prędkość fali $v=\lambda_k f_k$ [m/s]
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

3. Na podstawie zmierzonej częstotliwości fali dźwiękowej oraz obliczonej długości fali dla poszczególnych harmonicznych wyznaczyć prędkość dźwięku, korzystając z następującej zależności:

$$v = \lambda_k f_k, \quad (2)$$

gdzie: f_k jest częstotliwością fali dźwiękowej.

4. Obliczyć średnią prędkość dźwięku w danym materiale oraz oszacować jej niepewność (typu A).
5. Obliczyć moduł Younga dla poszczególnych materiałów, korzystając z wyznaczonych gęstości materiałów oraz średniej prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej w danym materiale. Do obliczeń użyć wzoru wiążącego moduł Younga E z prędkością rozchodzenia się fali v i gęstością ρ :

$$E = \rho v^2. \quad (3)$$

Uwaga: wartości modułu Younga są duże, dlatego proszę zapisać je w gigapaskalach [GPa].

6. Dla każdego materiału wyznaczyć niepewność złożoną modułu Younga (z prawa przenoszenia niepewności).
7. Zapisać otrzymane wartości modułu Younga wraz z niepewnościami dla poszczególnych materiałów w Tabeli 3 i porównać je z wartościami tablicowymi. Tablicowe wartości modułu Younga dla wybranych materiałów można znaleźć w opisie do ćwiczenia nr 11.

Tabela 3. Porównanie wyznaczonych wartości modułu Younga z wartościami tabelarycznymi

Materiał	E wyznaczone [GPa]	E tablicowe [GPa]