

1 Cel ćwiczenia

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

2 Wstęp teoretyczny

Fala podłużna w pręcie powstaje na skutek chwilowego wychylenia się fragmentu pręta z położenia równowagi i następujących po nim drgań. Drgania te, dzięki sprężystości ośrodka, mogą być przekazywane dalej i mogą rozchodzić się po całym ośrodku. Szybkość rozchodzenia się fali zależy od bezwładności i sprężystości ośrodka, w którym się rozchodzi.

Wykonując to doświadczenie skorzystamy ze wzoru:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

gdzie

E - moduł Younga,

ρ - gęstość ośrodka,

Przekształcając powyższy wzór otrzymujemy:

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

Fala padająca i fala odbita w pręcie, interferują ze sobą tworząc falę stojącą. Odległość między węzłami fali stojącej stanowi połowę jej długości

$$l = \frac{1}{2}\lambda \quad (3)$$

Znając częstotliwość fali f oraz odległość l między węzłami można obliczyć prędkość fali

$$v = 2lf \quad (4)$$

Prowadzi to do wyrażenia na moduł Younga

$$E = \rho f^2 \lambda^2 \quad (5)$$

3 Układ pomiarowy

1. Komputer stacjonarny Dell z systemem Windows XP i mikrofonem
2. Zainstalowane oprogramowanie Zelscope.
3. Zestaw czterech prętów (stalowy, mosiężny, aluminiowy oraz ze stopu...)
4. Suwmiarka
5. Miarka w rolce o podziałce $1mm$
6. Młotek
7. Waga o dokładności $1g$

4 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.
2. Ustawić mikrofon przy wybranym pręcie.

3. Uderzyć (z wyczuciem) młotkiem w koniec pręta podwieszonego na dwóch niciach. Zaobserwować jaki obraz powstaje na oscyloskopie w programie Zscope (odczyt obrazu po szybkiej transformacji Fouriera FFT).
4. Zarejestrować obraz z widocznymi harmonicznymi
5. Na podstawie otrzymanej długości fali wyliczyć średnią prędkość dźwięku w danym materiale oraz oszacować niepewność wyznaczenia prędkości dźwięku.
6. Wyliczyć moduł Younga dla danego materiału.
7. Punkty 3-8 powtarzać dla kolejnych prętów.

5 Wyniki pomiarów

Materiał	Masa pręta[g]	Gęstość
Stop nr1	31	7,77
Mosiądz	74	8,4
Aluminium	24	2,55
Stop nr 2	12	7,4

Nr harmonicznej	Częstotliwość f [Hz]	Długość fali[m]	Prędkość fali[m/s]
1	1382	3,604	4980,728
2	2882	1,802	5193,364

Nr harmonicznej	Częstotliwość f [Hz]	Długość fali[m]	Prędkość fali[m/s]
1	1647	2	3294
2	3411	1	3411

Nr harmonicznej	Częstotliwość f [Hz]	Długość fali[m]	Prędkość fali[m/s]
1	2411	2	4822
2	4911	1	4911

Nr harmonicznej	Częstotliwość f [Hz]	Długość fali[m]	Prędkość fali[m/s]
1	1382	3,6	4975,2
2	2882	1,8	5187,6

6 Opracowanie wyników

Dla obliczeń błędów pomiaru przyjęto następujące niepewności:

Dla długości pręta: $u(l) = 1[mm]$

Dla promienia: $u(r) = 0,1[mm]$

Dla masy próbki: $u(m) = 1[g]$

Dla częstotliwości: $u(f) = 25[Hz]$

Niepewność gęstości:

$$u(\rho) = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} u(m)\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial l} u(l)\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial r} u(r)\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l\pi r^2} u(m)\right)^2 + \left(\frac{-m}{l^2\pi r^2} u(l)\right)^2 + \left(\frac{-2m}{l\pi r^3} u(r)\right)^2}$$

Niepewność długości fali:

$$u(\lambda) = \sqrt{\left(\frac{2}{n} u(l)\right)^2}$$

Niepełność prędkości fali:

$$u(v) = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial f}u(f)\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial \lambda}u(\lambda)\right)^2} = \sqrt{\left(\lambda u(f)\right)^2 + \left(f u(\lambda)\right)^2}$$

Niepełność modułu Younga:

$$u(E) = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial \rho}u(\rho)\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial v}u(v)\right)^2} = \sqrt{\left(v^2 u(\rho)\right)^2 + \left(2\rho v u(v)\right)^2}$$

7 Podsumowanie

Wyznaczone wartości g zgadzają się ze wartością tabelaryczną tylko dla pomiaru dla stałej długości wahadła. Jest to spowodowane większą ilością prób dla takich samych warunków dzięki czemu można było w znacznym stopniu zmniejszyć wpływ reakcji człowieka który mógł być kluczowy dla tak niewielkich okresów drgań w przypadku zmiennej długości wahadła. Na dokładność wyników miał także wpływ poruszania się punktu materialnego który nie zawsze poruszał się tylko w jednej płaszczyźnie.