

Więcej na: www.tremolo.prv.pl , www.tremolo.eu dział laboratoria

Wstęp teoretyczny

Sprężystość, własność polegająca na powrocie odkształconego ciała do jego pierwotnej formy po zniknięciu sił wywołujących odkształcenie.

Rozróżnia się: sprężystość kształtu, właściwą tylko ciałom stałym (wykazuje ją każde z nich przy odkształceniach mieszczących się w tzw. granicy sprężystości, po jej przekroczeniu występują odkształcenia plastyczne) i sprężystość objętościową, właściwą wszystkim ciałom.

Sprężystości towarzyszy zjawisko histerezy (sprężystej).

Fala, przenosząca energię zaburzenie pola fizycznego rozchodzące się ze skończoną prędkością.

Jeśli kierunek zaburzenia jest prostopadły do kierunku rozchodzenia się fali, to fala jest falą poprzeczną (np. fale elektromagnetyczne), jeśli oba kierunki są zgodne, to fala jest falą podłużną (np. fale ciśnienia akustycznego w powietrzu).

Fala opisywana jest funkcją położenia i czasu $u(r,t)$, spełniającą w ośrodku jednorodnym równanie falowe:

$$\Delta u - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

gdzie: Δ - laplasjan, v - stała (prędkość fazowa).

Szczególnymi przypadkami fal są fale monochromatyczne o różnej symetrii:

- fala płaska, wtedy $u = u_0 \cos(t - kr + \phi)$, gdzie: u_0 - amplituda fali, $\omega = 2\pi/T$ - częstość kołowa fali, T - okres, $k = (2\pi/\lambda)x$ - wektor falowy, λ - długość fali, x - wektor kierunku rozchodzenia się fali, ϕ - faza początkowa fali

- fala kulista (o symetrii sferycznej, rozbiegająca się izotropowo), wtedy: $u = (r^{-1})f(r - vt)$, gdzie f jest dowolną funkcją różniczkowalną z drugimi pochodnymi (może to być fala \sin lub \cos , ale nie tylko), v to prędkość fazowa fali

- fala cylindryczna (o symetrii cylindrycznej), równanie falowe przekształca się wtedy w równanie Bessela, zmiana amplitudy z promieniem dana jest przez funkcję Bessela rzędu zerowego.

W jednorodnym ośrodku fale rozprzestrzeniają się zgodnie z prawami optyki geometrycznej, w obecności przeszkód pojawiają się odstępstwa od tych praw (dyfrakcja). Fale nakładające się na siebie mogą podlegać interferencji, dudnieniu lub modulacji.

Prędkość dźwięku, prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych w danym ośrodku. Ma duże znaczenie w lotnictwie ze względu na istnienie bariery dźwięku.

W związku ze spadkiem temperatury i ciśnienia atmosferycznego prędkość dźwięku maleje ze wzrostem wysokości lotu (o 10 km/h co 696 m wysokości) i wynosi przy ziemi 1224 km/h, a 1066 km/h na wysokości 11 000 m, powyżej której już nie maleje.

Interferencja fal, zjawisko wzajemnego nakładania się fal (elektromagnetycznych, mechanicznych, de Broglie itd.). Zgodnie z tzw. zasadą superpozycji fal, amplituda fali wypadkowej w każdym

punkcie dana jest wzorem:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_1 \cdot A_2 \cos \phi}$$

gdzie: A_1, A_2 - amplitudy fal cząstkowych, ϕ - różnica faz obu fal.

Maksymalnie $A = A_1 + A_2$ dla $\phi = 2k$ (fazy zgodne), minimalnie $A = A_1 - A_2$ dla $\phi = (2k+1)\pi$ (fazy przeciwne). Warunkiem zaistnienia stałego w czasie rozkładu przestrzennego amplitudy interferujących fal jest ich spójność (koherentność).

Dla fal mechanicznych i radiowych warunek spójności jest łatwy do uzyskania, natomiast dla światła zazwyczaj wymaga zastosowania układów rozdzielania i kolimowania wiązek (monochromatory) lub stosowania laserów. Wypadkowa fala, powstała z interferencji spójnych fal padających jest falą stojącą, np. dla światła obserwuje się kolejno następujące po sobie jasne i ciemne linie, krzywe, lub okręgi, w zależności od geometrii interferujących fal (tzw. prążki interferencyjne). Ciemne obszary występują w miejscach, gdzie różnica dróg optycznych wynosi $\phi = (2k+1)\pi/2$, gdzie: k - dowolna liczba całkowita zwana rzędem interferencji, λ - długość fali. Jasne obszary wystąpią dla $\phi = (2k)\pi/2 = k\pi$.

Younga moduł, podłużny moduł sprężystości, współczynnik sprężystości wzdłużnej, E , wielkość charakteryzująca sprężystość danego ciała.

Obliczenia.

Rura KUNDTA

Wzór na prędkość rozchodzenia się dźwięku w pręcie :

$$c_m = \frac{NL}{l} c_p$$

Prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu z tablic fizycznych

$$c_p = 343 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$c_m = 5466,5625 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$c_m = \frac{1 \cdot 1,02}{0,064} \cdot 343$$

Prędkość rozchodzenia się dźwięku w aluminium z wartości tablicowych

$$c_m = 5100 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Znając gęstość aluminium można wyliczyć masę pręta

$$\sigma = \frac{m}{\pi r^2 L}$$

$$m = \sigma \pi r^2 L$$

$$m = 2700 \cdot 3,14 \cdot 0,009^2 \cdot 1,00 = 0,687 [kg]$$

Moduł Younga obliczamy ze wzoru

$$E = \frac{c_m^2 m}{\pi r^2 L}$$

$$E = \frac{5366,25^2 \cdot 0,687}{3,14 \cdot 0,009^2 \cdot 1,00}$$

$$E = 812 \cdot 10^8 [Pa]$$

Wartość tablicowa modułu Younga dla aluminium

$$E = 705 \cdot 10^8 [Pa]$$

Błędy

$$\Delta c_m = -\frac{NLc_p}{l^2} \cdot \Delta l$$

$$\Delta c_m = \frac{1 \cdot 1,00 \cdot 345}{0,023^2} \cdot 0,001$$

$$\Delta c_m = \pm 65,21 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Błąd względny

$$\delta c_m = \left| \frac{\Delta c_m}{c_m} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta c_m = \left| \frac{65,21}{5366,25} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta c_m = 1,2\%$$

$$\Delta E = \frac{2 \cdot c_m \cdot m}{\pi r^2 L} \cdot \Delta c_m$$

$$\Delta E = \pm 13,29 \cdot 10^8 [Pa]$$

$$\delta E = \left| \frac{\Delta E}{E} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta E = \left| \frac{\Delta 13,29}{812} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta c_m = 1,6\%$$

Rura QUINCKIEGO

Częstotliwość generatora możemy wyznaczyć ze wzoru

$$V = \frac{v_0}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

$$\lambda = 2 \cdot l$$

$l = \text{II rezonans} - \text{I rezonans}$

Ustawienie generatora **A1**

$$V = \frac{331,4}{0,1095} \cdot \sqrt{\frac{293}{273}}$$

$$V = 3026,48 \cdot 1,035$$

$$V = 3132,41[\text{Hz}]$$

Ustawienie generatora **A2**

$$V = \frac{331,4}{0,1433} \cdot \sqrt{\frac{293}{273}}$$

$$V = 2312,63 \cdot 1,035$$

$$V = 2393,57[\text{Hz}]$$

Błędy

$$\Delta V = -\frac{v_0}{\lambda^2} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}} \cdot \Delta \lambda$$

$$\Delta V = -\frac{331,4}{0,1466} \cdot \sqrt{\frac{293}{273}} \cdot 0,001$$

$$\Delta V = 2260,57 \cdot 1,035 \cdot 0,001$$

$$V = \pm 2,34[\text{Hz}]$$

Błąd względny

$$\delta V = \left| \frac{\Delta V}{V} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta V = \left| \frac{2,34}{2343,12} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta V = 0,1\%$$

Ustawienie generatora **B1**

$$V = \frac{331,4}{0,1695} \cdot \sqrt{\frac{293}{273}}$$

$$V = 1955,16 \cdot 1,035$$

$$V = 2023,59[\text{Hz}]$$

Ustawienie generatora **B2**

$$V = \frac{331,4}{0,1894} \cdot \sqrt{\frac{293}{273}}$$

$$V = 1749,73 \cdot 1,035$$

$$V = 1810,97[\text{Hz}]$$

Błędy

$$\Delta V = -\frac{v_0}{\lambda^2} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}} \cdot \Delta \lambda$$

$$\Delta V = -\frac{331,4}{0,1667} \cdot \sqrt{\frac{293}{273}} \cdot 0,001$$

$$\Delta V = 1988,02 \cdot 1,035 \cdot 0,001$$

$$V = \pm 2,05[\text{Hz}]$$

Błąd względny

$$\delta V = \left| \frac{\Delta V}{V} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta V = \left| \frac{2,05}{2166,7} \right| \cdot 100\%$$

$$\delta V = 0,095\%$$

Zestawienie wyników

Rura KUNDTA

Masa pręta

$$m = 2700 \cdot 3,14 \cdot 0,009^2 \cdot 1,00 = 0,687[\text{kg}]$$

Moduł Younga

$$E = 812 \cdot 10^8 [\text{Pa}]$$

Błąd

$$\Delta c_m = \pm 65,21 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Błąd względny

$$\delta c_m = 1,2\%$$

Rura QUINCKIEGO

Ustawienie A1

$$V = 3132,41[\text{Hz}]$$

Ustawienie A2

$$V = 2393,57[\text{Hz}]$$

Błędy

$$V = \pm 2,34[\text{Hz}]$$

Błąd względny

$$\delta V = 0,1\%$$

Ustawienie B1

$$V = 2023,59[\text{Hz}]$$

Ustawienie B2

$$V = 1810,97[\text{Hz}]$$

Błędy

$$V = \pm 2,05[\text{Hz}]$$

Błąd względny

$$\delta V = 0,095\%$$

Podsumowanie

Dokładność pomiarów obarczona jest ludzkim błędem oraz nie dokładnością urządzeń pomiarowych. Wymagane wartości nigdy nie będą wyznaczone dokładnie zawsze będą zawierać błędy.

Więcej na: www.tremolo.prv.pl, www.tremolo.pl dział laboratoria

©2002-2006 by Tremolo – Robert Gabor pomyśl zanim skopiujesz ☺