

Cvičení 7

1. Jakou silou musí být napjata houslová struna délky $l = 33$ cm, aby vydávala základní tón ($n = 1$) o frekvenci $f_1 = 435$ Hz, je-li její hustota $\rho = 1300$ kg.m⁻³ a její průměr $d = 0,76$ mm?

Řešení:

Nejprve určíme napětí σ ve struně. K tomu použijeme rovnici vyjadřující okrajové podmínky (oba konce struny jsou upevněné): $n \frac{\lambda_n}{2} = l$ (1), kde λ je vlnová délka a n přirozené číslo. Pro n -tou úhlovou

frekvenci kmitání je $\omega_n = \frac{2\pi c}{\lambda_n}$ (2), kde c je rychlost šíření vlnění. Po vyjádření λ_n z rovnice (1) a

dosazení do rovnice (2) obdržíme: $\omega_n = \frac{2\pi c}{\lambda_n} = \frac{\pi n}{l} c = \frac{\pi n}{l} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$, odkud pro napětí ve struně plyne:

$$\sigma = \frac{l^2 \omega_n^2}{\pi^2 n^2} \rho = \frac{4l^2 f_n^2}{n^2} \rho = 107 \text{ MPa.}$$

Po vynásobení normálového napětí plochou průřezu struny dostáváme příslušnou osovou sílu F :

$$F = \sigma S = \sigma \frac{\pi d^2}{4} = 48,5 \text{ N.}$$

2. Rychlost šíření podélných vln v oceli je $v_1 = 5100$ m/s. Jaká je rychlost šíření příčných vln v oceli, když Poissonův poměr pro ocel je $\mu = 0,323$?

Řešení:

Pro rychlost šíření podélného resp. příčného vlnění v prostředí platí vztah $v_1 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ resp. $v_2 = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ (1),

kde E je modul pružnosti v tahu, G modul pružnosti ve smyku (torzi) a ρ hustota daného prostředí. Mezi

oběma moduly pružnosti platí vztah $G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$ (2), kde Poissonův poměr μ udává poměr mezi

relativním příčným zúžením a relativním příčným prodloužením.

Z rovnic (1) nyní vyjádříme moduly pružnosti E a G a dosadíme do rovnice (2). Vychází $v_2 = 3135$ m/s.

3. Jaká hladina intenzity zvuku L (dB) odpovídá intenzitě zvuku $I = 10^{-3}$ W/m²?

Řešení:

Hladina intenzity zvuku L (dB) se spočítá ze vztahu $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$, kde I je příslušná intenzita zvuku a $I_0 = 10^{-12}$ W/m² je intenzita zvuku pro práh slyšitelnosti. Odtud $L = 90$ dB.

4. Jaká intenzita zvuku I (W/m²) odpovídá hladině intenzity zvuku $L = 100$ dB?

Řešení:

Vydeme ze vztahu mezi hladinou intenzity zvuku L a intenzitou zvuku I : $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$, kde je $I_0 = 10^{-12}$ W/m² je intenzita zvuku pro práh slyšitelnosti. Vychází $I = 0,01$ W/m².

5. O kolik decibelů ΔL se zvýší hladina intenzity zvuku, když se jeho intenzita zvýší 5-krát?

Řešení:

Hladina intenzity zvuku L (dB) se spočítá ze vztahu $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$, kde I je příslušná intenzita zvuku a

$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ je intenzita zvuku pro práh slyšitelnosti. V našem případě platí: $L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$ a

$L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$, kde $I_2 = 5I_1$. Potom $\Delta L = L_2 - L_1 = 7 \text{ dB}$.

6. O kolik procent se zvýší intenzita zvuku I , když se jeho hladina intenzity L zvýší o 1 decibel?

Řešení:

Vydeme ze vztahu pro hladinu intenzity zvuku $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$, kde I je příslušná intenzita zvuku a

$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ je intenzita zvuku pro práh slyšitelnosti. Zde platí: $L_2 = L_1 + 1$. Po dosazení je:

$$10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \frac{I_1}{I_0} + 1 \Leftrightarrow \log \frac{I_2}{I_0} = \log \frac{I_1}{I_0} + 0,1 \Leftrightarrow \log \frac{I_2}{I_0} = \log \frac{I_1}{I_0} + \log 1,26 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \log \frac{I_2}{I_0} = \log \left(\frac{I_1}{I_0} \cdot 1,26 \right). \text{ Odtud } I_2 = 1,26 I_1. \text{ Intenzita zvuku se tedy zvýší o } 26 \text{ \%}.$$

Literatura ke kapitole 7

Blackstock, D.T.: Fundamentals of physical acoustics. John Wiley & Son, New York 2000, 542 s.

Brepta, R., Prokopec, M.: Šíření napěťových vln a rázy v tělesech. Academia Praha 1972, 521 s.

Brepta, R., Půst, L., Turek, F.: Mechanické kmitání, Sobotáles, Praha 1994, 589 s.

Crawford, F.S., Jr.: Waves. Berkeley Physics Course, Vol. 3, McGraw-Hill College, New York, 1968, 600s.

Friš, S.E., Timoreva, A.V.: Kurs fyziky I. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1953, 376 s.

Havránek, A.: Viskoelastická. In: Základy fyzikálních měření, část IIb (Jaromír Brož a kol.), s. 357-376.

SPN Praha, 1974.

Horák, Z., Krupka, F., Šindelář, V.: Technická fyzika. SNTL, Praha 1960. 1435 s., popřípadě další opakovaná a upravovaná vydání tohoto díla.

Kvasnica, J., Havránek, A., Lukáč, P., Sprušil, B.: Mechanika. Academia, Praha 1988, 476 s.

Nový, R.: Hluk a chvění. ČVUT Praha, 2009, 400 s.

Pain, H.J.: The Physics of Vibrations and Waves. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester 2005, 556 s.

Skudrzyk, E.: Simple and Complex Vibrating Systems. The Pennsylvania State University Press, University Park 1969, 500 s.

Yamamoto, H., Haginuma, S. 1984. Estimation of the dynamic Young's modulus of apple flesh from natural frequency of an intact apple. Report National Food Research Institute, 44, 30–35.