

Giant Sounding Plate

Problem No. 7

Úvodní soustředění

Obří znějící deska

úloha č. 7

Zadání

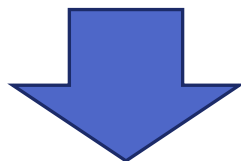
When a large, thin and flexible plate (e.g. plastic, metal or plexiglass) is bent, it may produce a loud and unusual howling sound. Explain and investigate this phenomenon.

Ohnutím velké, tenké a ohebné desky (např. z plastu, kovu nebo plexiskla) můžeme vytvořit nezvyklý hlasitý zvuk připomínající vytí. Vysvětlete a prozkoumejte tento jev.

Prvotní úvaha

Zvuk je mechanické chvění(zde vzduchu).

Co rozkmitá vzduch? - Deska.



Vede na zkoumání chvění desky

Porovnání s hudebním nástrojem



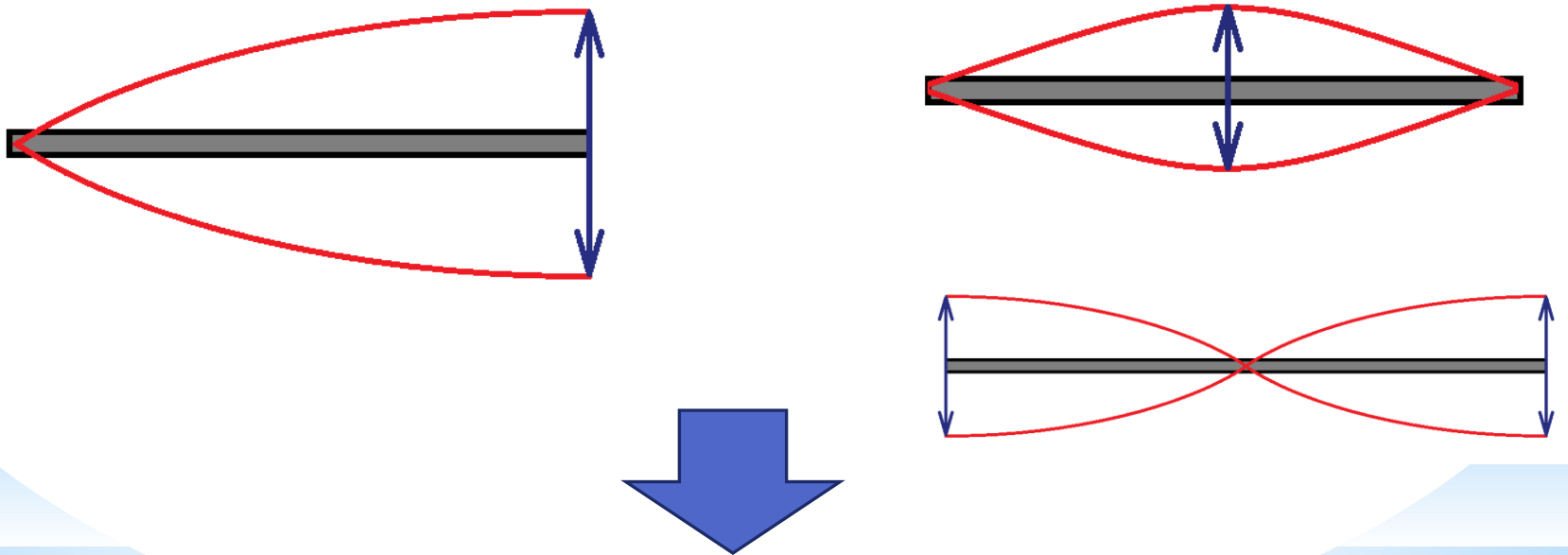
Zdroj: Wikipedia

Jednodušší okrajové podmínky než u hudebních nástrojů:

Jednodušší uchycení desky + chybí rezonanční skříňka

Co je míněno ohnutím?

- Deska je uchycena na jednom konci a „máváme“.
- Deska je uchycena na dvou koncích a „promačkáváme“ ji.
- Deska je uchycena uprostřed a „kroutíme“ s ní.

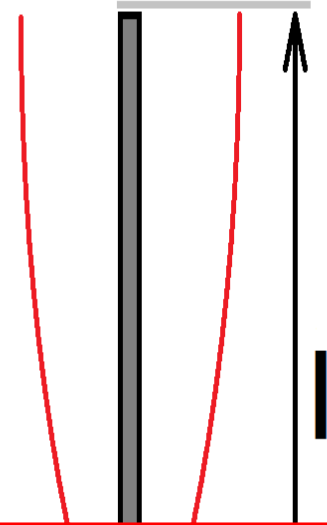


Tři rozdílné módy obrysových kmitů.

Kmity desky – „máváme“

Jeden konec volný, druhý pevný.

$$l = \frac{\lambda_0}{4}$$



Parametry: rozměry l , modul pružnosti E , hustota ρ

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



$$f_0^{(M)} = \frac{1}{4l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Kmity desky – „máváme“

Vyšší harmonické frekvence.

$$l = \frac{\lambda_0}{4} ; \quad l = \frac{3}{4} \cdot \lambda_1 ; \quad l = \frac{5}{4} \cdot \lambda_2$$

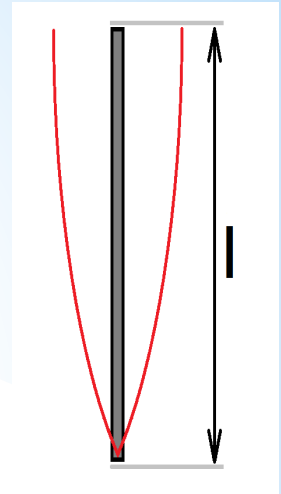
$$f_1^{(M)} = \frac{3c}{4l} = 3 \cdot f_0^{(M)}$$

$$f_2^{(M)} = \frac{5c}{4l} = 5 \cdot f_0^{(M)}$$

$$f_k^{(M)} = (2k + 1) \cdot \frac{1}{4l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$f_0^{(M)} = \frac{c}{4l}$$

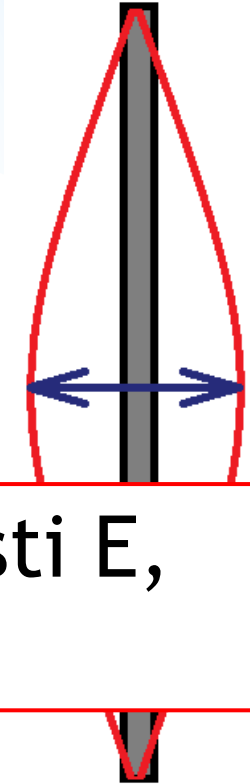
Liché násobky



Kmity desky – „promačkáváme“

Dva pevné konce.

$$l = \frac{\lambda_0}{2}$$



Parametry: rozměry l , modul pružnosti E ,
hustota ρ

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



$$f_0^{(P)} = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Kmity desky – „Promačkáváme“

Vyšší harmonické frekvence.

$$l = \frac{\lambda_0}{2} ; \quad l = \frac{2}{2} \cdot \lambda_1 ; \quad l = \frac{3}{2} \cdot \lambda_2$$

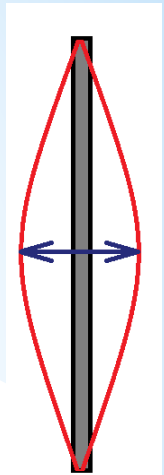
$$f_1^{(P)} = \frac{2c}{2l} = 2 \cdot f_0^{(P)}$$

$$f_2^{(P)} = \frac{3c}{2l} = 3 \cdot f_0^{(P)}$$

$$f_0^{(P)} = \frac{c}{2l}$$

$$f_k^{(P)} = k \cdot \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

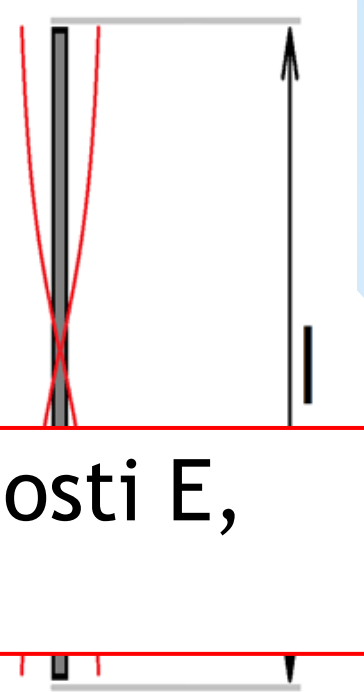
Libovolné násobky



Kmity desky – „kroutíme“

Pevný střed, dva volné konce.

$$l = \frac{\lambda_0}{2}$$



Parametry: rozměry l , modul pružnosti E ,
hustota ρ

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



$$f_0^{(K)} = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Kmity desky – „kroutíme“

Vyšší harmonické frekvence.

$$l = \frac{\lambda_0}{2} ; \quad l = \frac{3}{2} \cdot \lambda_1 ; \quad l = \frac{5}{2} \cdot \lambda_2$$

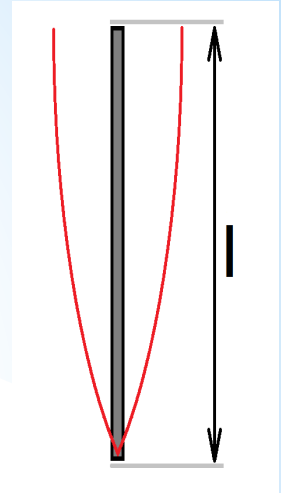
$$f_1^{(K)} = \frac{3c}{2l} = 3 \cdot f_0^{(K)}$$

$$f_2^{(K)} = \frac{5c}{2l} = 5 \cdot f_0^{(K)}$$

$$f_k^{(K)} = (2k + 1) \cdot \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$f_0^{(K)} = \frac{c}{2l}$$

Liché násobky



Odhad základních frekvencí

Materiálové konstanty:

$E = 150\text{-}220 \text{ GPa}$ (ocel) $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

$l = 0,3 \text{ m}$ (formát A4)

$$f_0^{(M)} = \frac{1}{4l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \sim 4,2 \text{ kHz}$$

$$f_0^{(P)} = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \sim 8,4 \text{ kHz}$$

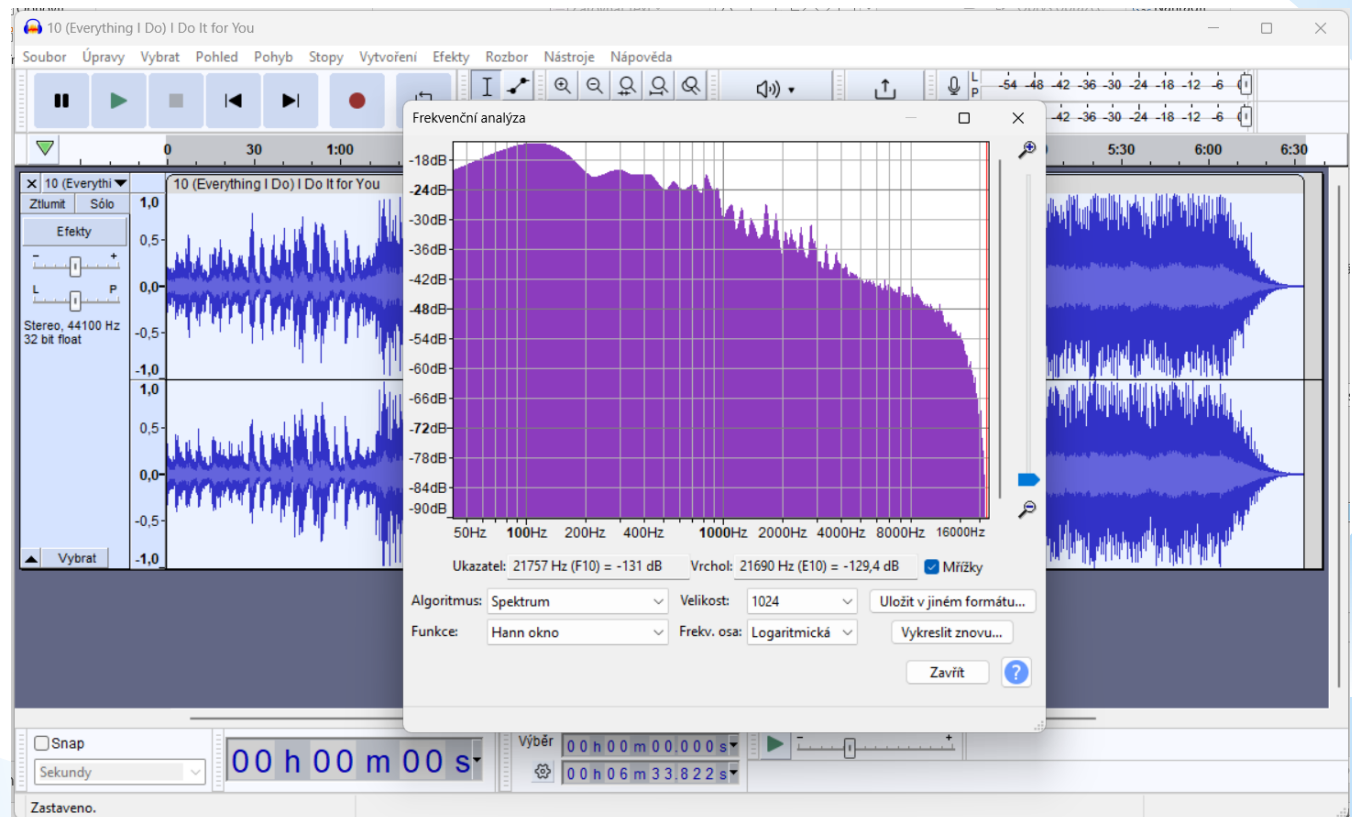
$$f_0^{(K)} = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \sim 8,4 \text{ kHz}$$

Měření

Audacity:

Udělat spektrum

Porovnat teorii a experimentální výsledek



Další parametry

- Tloušťka desky - ohebnost
- Poměr rozměrů délka x šířka (barva tónu)
- Kvalita uchycení
- Síla počátečního impulsu (mávnutí, promáčknutí)



Děkuji za pozornost 😊