

**Úloha V.1 . . . zamáčklý flažolet**

3 body; průměr 2,16; řešilo 58 studentů

Vojta hraje na violoncello. Na strunu naladěnou na frekvenci  $f$  zlehka přiloží prst do vzdálenosti  $1/n$  její délky od hlavy nástroje a rozezní ji, přičemž slyší tón o základní frekvenci  $f_1$ . Následně strunu na stejném místě úplně přimáčkne ke hmatníku a rozezní ji znovu. Tentokrát nástroj vydává tón o základní frekvenci  $f_2$ . Určete poměr frekvencí  $f_1/f_2$  v závislosti na přirozeném čísle  $n$ .  
*Vojta vzpomíná na cello.*

Vlnová délka zvukové vlny, jíž struna vyluzuje, je v základním stavu rovná dvojnásobku délky struny  $l$ . Je proto možné psát

$$f = \frac{v}{2l},$$

kde  $v$  je rychlost šíření vlnění ve struně. Přiložením prstu na strunu odfiltrujeme veškeré kmitání struny s vlnovou délkou vyšší než  $2l/n$ , uslyšíme tedy tón odpovídající  $n$ -té harmonické frekvenci struny, pro který platí

$$f_1 = \frac{vn}{2l} = nf.$$

Když strunu přimáčkne, snížíme efektivně její délku na  $(1-1/n)l$ , z čehož můžeme pozorovat, že frekvence vyluzovaného tónu splňuje

$$f_2 = \frac{v}{2l(1-1/n)} = \frac{n}{n-1}f.$$

Nyní už tedy lze vyjádřit hledaný poměr jako

$$\frac{f_1}{f_2} = n - 1,$$

kde pro  $n = 1$  intuitivně doplníme hodnotu poměru jako 1. Chytíme-li tedy strunu např. v  $1/2$ , budou vyprodukované tóny stejné, v  $1/3$  se budou lišit o oktávu a v  $1/4$  dostaneme kvintu přes oktávu neboli duodecimu.

*Vojtěch David*

vojtech.david@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
 Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.