

Úloha II.5 ... K nezaplacení

7 bodů; průměr 5,17; řešilo 143 studentů

Viktor si pořídil bič a chce si s ním zkusit prásknout. Prásknutí můžeme modelovat předáváním energie mezi tím koncem biče, za který se bič drží, a druhým koncem biče, tzv. práskačkou.

1. Podařilo se Viktorovi prásknutí, respektive překonala práskačka rychlost zvuku, pokud se na začátku prásknutí držadlo biče váží $M = 1 \text{ kg}$ pohybovalo rychlostí $v = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a v jistém okamžiku se 70 % mechanické energie předalo práskačce vážící $m = 2 \text{ g}$?
2. Jak hlasitě bylo prásknutí slyšet (tj. jaká byla hladina intenzity zvuku) ve vzdálenosti $s = 2 \text{ m}$ od práskačky, pokud prásknutí trvalo $t = 0,3 \text{ s}$ a na jeho zvukovou energii se přeměnilo 5 % mechanické energie práskačky?

1. K výpočtu rychlosti práskačky využijeme zákon zachování mechanické energie. Pokud označíme kinetickou energii držadla E a energii práskačky E' , můžeme psát $E' = 0,70E$, poněvadž právě 70 % = 0,70 energie E se přemění na E' (jak víme ze zadání). Když teď za energie dosadíme podle vztahu pro kinetickou energii a vyjádříme rychlost práskačky u , dostaneme

$$\frac{1}{2}mu^2 = 0,70 \cdot \frac{1}{2}Mv^2 \Rightarrow u = \sqrt{\frac{0,70Mv^2}{m}} = v\sqrt{\frac{0,70M}{m}},$$

kde u je hledaná rychlost práskačky. Po dosazení hodnot ze zadání dostáváme

$$u \doteq 374 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

Rychlost zvuku ve vzduchu je asi $343 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Práškačka tuto rychlost překonala a prásknutí se tedy Viktorovi podařilo.

2. Abychom mohli spočítat hladinu intenzity zvuku, která se udává v decibelech, musíme nejdříve spočítat samotnou intenzitu. Ta je definována jako výkon na plochu, tedy

$$I = \frac{P}{S} = \frac{E_z}{4\pi s^2 t}.$$

Zde jsme výkon zapsali jako energii za čas a za plochu dosadili ze vztahu pro povrch koule. Když víme, že $E_z = 0,05E' = 0,05 \cdot 0,7E$, můžeme intenzitu vyjádřit jako

$$I = \frac{0,05 \cdot 0,7E}{4\pi s^2 t} = \frac{0,05 \cdot 0,7Mv^2}{8\pi s^2 t}.$$

Číselně dostáváme $I \doteq 0,46 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Při známé intenzitě I již snadno dopočteme hladinu intenzity zvuku. Tu lze spočítat pomocí vzorce

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0},$$

kde $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ je prahová intenzita. Funkce $\log x$ se nazývá *dekadický logaritmus*. Když dosadíme za I , máme

$$L \doteq 117 \text{ dB}.$$

Vidíme, že ve vzdálenosti $s = 2 \text{ m}$ od biče mělo prásknutí hladinu intenzity zvuku asi 117 dB. To je jen těsně pod prahem bolesti, který činí 120 dB.

Lukáš Linhart

lukas.linhart@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími 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/>.