

DUM č. 14 v sadě

10. Fy-1 Učební materiály do fyziky pro 2. ročník gymnázia

Autor: Vojtěch Beneš

Datum: 04.05.2014

Ročník: 1. ročník

Anotace DUMu: Mechanické vlnění, zvuk

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. ročník **Mechanické vlny, zvuk – písemná práce**

Zkoušené učivo

- podélné a příčné vlnění
- rovnice postupné harmonické vlny
- šíření mechanických vln
- odraz vlnění
- ohyb a interference vlnění
- zvuk
- vlastnosti tónu

Metodické poznámky

- čas na vypracování = 1 vyučovací hodina (reálně max. 40 minut)
- obtížnost skupin srovnatelná
- zadání obsahuje jak teoretické otázky, tak příklady
- obtížnost písemky je záměrně nižší než u příkladů k procvičení – při řešení příkladů doma má žák k dispozici poznámky, učebnici, internetové zdroje a hlavně dostatek času

Mechanické vlny, zvuk

A

- 1) Na zahřátí:
 - a. Napište tři příklady podélné mechanické vlny.
 - b. Vysvětlete, proč se ve vakuu zvuk nešíří.
 - c. Vysvětlete, co je to interference vlnění. Napište podmínku konstruktivní interference.
 - d. Napište vše, co víte o výšce tónu.
- 2) Za jak dlouho po zavolání uslyšíme ozvěnu, stojíme-li 200 m od překážky, na níž se zvuk odráží? Teplota vzduchu je 30 °C.
- 3) Napište rovnici postupné mechanické vlny šířící se v kladném směru osy x rychlostí 80 cm/s, která má frekvenci 2 Hz a amplitudu 10 cm. Číselné hodnoty uveďte v základních jednotkách SI.
- 4) Struna na klavíru hrající tón a^1 je upevněna na obou koncích, vzdálených 40,2 cm. Je-li vybuzen základní kmitový mód s uzly na koncích a kmitnou uprostřed, vydává struna zvuk o frekvenci 440 Hz. Určete vlnovou délku λ a rychlost šíření vlnění v na této struně.
- 5) Průměrný sborový zpěvák vytvoří v hledišti zvuk o hlasitosti 63 dB. Jaká bude hlasitost (v dB) v hledišti, bude-li zpívat stodvacetičlenný sbor? Předpokládejte, že všichni zpěváci pějí stejně hlasitě a že se vzájemně netlumí.
- 6) Vysvětlete, čím je určena barva tónu.

Mechanické vlny, zvuk

B

- 1) Na zahřátí:
 - a) Napište tři příklady příčné mechanické vlny.
 - b) Vysvětlete, proč se v kovech zvuk šíří rychleji než ve vzduchu.
 - c) Vysvětlete, co je to difrakce vlnění. Napište podmínku nutnou pro to, aby nastala difrakce.
 - d) Napište vše, co víte o hlasitosti tónu.
- 2) Jak daleko se nacházíme od překážky, na níž se zvuk odráží, jestliže po zavolání uslyšíme ozvěnu za 0,90 s. Teplota vzduchu je 5 °C.
- 3) Struna na klavíru hrající tón e^1 je upevněna na obou koncích, vzdálených 51,6 cm. Je-li vybuzen základní kmitový mód s uzly na koncích a kmitnou uprostřed, vydává struna zvuk o frekvenci 330 Hz. Určete vlnovou délku λ a rychlost šíření vlnění v na této struně.
- 4) Průměrný sborový zpěvák vytvoří v hledišti zvuk o hlasitosti 68 dB. Jaká bude hlasitost (v dB) v hledišti, bude-li zpívat třicetičlenný sbor? Předpokládejte, že všichni zpěváci pějí stejně hlasitě a že se vzájemně netlumí.
- 5) Napište rovnici postupné mechanické vlny šířící se v kladném směru osy x rychlostí 50 cm/s, která má periodu 0,4 s a amplitudu 15 cm. Číselné hodnoty uveďte v základních jednotkách SI.
- 6) Vysvětlete, čím je určena barva tónu.

Řešení skupiny A

- 1) Na zahřátí:
 - a. vlna na vodní hladině, mexická vlna, vlny na prostěradle, které dobrá hospodyňka každé ráno vytřepává :-)
 - b. Zvuk je mechanické vlnění, do prostoru se šíří kmitání hmotného prostředí (částic).
 - c. Interference je skládání dvou koherentních vln. Vlny do daného místa musejí dospět se stejnou fází, $|d_2 - d_1| = k \cdot \lambda$.
 - d. Výška tónu je určena frekvencí vlnění. Lidské ucho vnímá frekvence od 16 Hz do 16 kHz, frekvence nižší než 16 Hz = infrazvuk, frekvence vyšší než 16 kHz = ultrazvuk. Ucho je nejcitlivější na frekvence kolem 2 000 Hz. Výška tónu je určena polohou noty v notové osnově. Dva tóny vzdálené o oktávu mají frekvence v poměru 2:1.
- 2) Rychlost zvuku při 30 °C vypočítáme podle vzorce $v = 331,82 + 0,61 \cdot t = 350,12$ m/s. Zvuk se šíří k překážce a zpět, $d = 400$ m. V homogenním prostředí má zvuk stálou rychlost šíření, ozvěnu uslyšíme za $t = \frac{d}{v} = 1,14$ s.
- 3) Obecný vztah pro výchylku částice prostředí, kudy se šíří postupná harmonická vlna, je $y(t, x) = y_m \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$. V našem případě je perioda $T = 1/f = 0,5$ s a vlnová délka $\lambda = v \cdot T = 0,4$ m, takže $y(t, x) = 0,1 \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{0,5} - \frac{x}{0,4} \right) \right]$.
- 4) Délka struny je polovinou vlnové délky, takže $\lambda = 80,4$ cm. Rychlost šíření je $v = \lambda \cdot f = 354$ m/s.
- 5) Platí pro jednoho zpěváka $L_1 = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_0}$, je-li zpěváků 120, máme v hledišti hladinu intenzity $L_{120} = 10 \cdot \log \frac{120 \cdot I_1}{I_0} = 10 \cdot \left(\log 120 + \log \frac{I_1}{I_0} \right) = 10 \cdot \log 120 + L_1 = 84$ dB.
- 6) Barva tónu je určena zastoupením vyšších harmonických frekvencí v daném tónu (složkami Fourierova rozvoje). Dána je především konstrukcí rezonátoru.

Bodování:

- 1) a) 1,5 bodů, b) 1 bod, c) 2 body, d) 3 body
- 2) 2,5 bodů
- 3) 3 body
- 4) 2 body
- 5) 3 body
- 6) 2 body

Celkem 20 bodů

Řešení skupiny B

- 1) Na zahřátí:
 - a. zvuk ve vzduchu, ultrazvuk ve vodě, řetězová havárie na dálnici, deformační vlna šířící se podél pružiny
 - b. V kovech mají atomy mnohem silnější vazby než v plynu, výchylka jednoho atomu z rovnovážné polohy se znamená sílu působící na nejbližší sousedy. V plynu na sebe působí částice jen během srážek, jinak se pohybují volně.
 - c. Difrakce je ohyb vlnění na překážkách. Vlna může proniknout do oblastí geometrického stínu – dostane se i za překážku. Difrakce se uplatní významně, pokud je velikost překážky (otvoru) srovnatelná s vlnovou délkou.
 - d. Hlasitost tónu je určena amplitudou vlnění. Udává se buď pomocí intenzity zvuku $I =$ energie, kterou přinesou zvukové vlny za 1 s na plochu 1 m^2 , nebo pomocí hladiny intenzity zvuku $L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$. I_0 je práh slyšení 10^{-12} W/m^2 a odpovídá hladině $L = 0 \text{ dB}$. Práh bolesti je kolem 130 dB .
- 2) Rychlost zvuku při $5 \text{ }^\circ\text{C}$ vypočítáme podle vzorce $v = 331,82 + 0,61 \cdot t = 334,87 \text{ m/s}$. V homogenním prostředí má zvuk stálou rychlost šíření a urazí dráhu $d = v \cdot t = 301 \text{ m}$. Zvuk se šíří k překážce a zpět, takže vzdálenost překážky je 151 m .
- 3) Délka struny je polovinou vlnové délky, takže $\lambda = 103,2 \text{ cm}$. Rychlost šíření je $v = \lambda \cdot f = 341 \text{ m/s}$.
- 4) Platí pro jednoho zpěváka $L_1 = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_0}$, je-li zpěváků 30, máme v hledišti hladinu intenzity $L_{30} = 10 \cdot \log \frac{30 \cdot I_1}{I_0} = 10 \cdot (\log 30 + \log \frac{I_1}{I_0}) = 10 \cdot \log 30 + L_1 = 83 \text{ dB}$.
- 5) Obecný vztah pro výchylku částice prostředí, kudy se šíří postupná harmonická vlna, je $y(t, x) = y_m \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$. V našem případě je perioda $T = 1/f = 0,4 \text{ s}$ a vlnová délka $\lambda = v \cdot T = 0,2 \text{ m}$, takže $y(t, x) = 0,15 \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{0,4} - \frac{x}{0,2} \right) \right]$.
- 6) Barva tónu je určena zastoupením vyšších harmonických frekvencí v daném tónu (složkami Fourierova rozvoje). Dána je především konstrukcí rezonátoru.

Bodování:

- 1) a) 1,5 bodů, b) 1 bod, c) 2 body, d) 3 body
- 2) 2,5 bodů
- 3) 2 body
- 4) 3 body
- 5) 3 body
- 6) 2 body

Celkem 20 bodů