Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy regionálního kola 41. ročníku FO kategorie C

1. Vlaková souprava je tvořena několika vagony o délce $l = 22{,}0\,\mathrm{m}$ a lokomotivou. Pozorovatel se postavil na nástupiště k přednímu konci lokomotivy a sledoval s digitálními stopkami rozjezd vlaku. Zjistil, že předposlední vagon okolo něj přejel za dobu $t_1 = 2{,}383\,\mathrm{s}$ a poslední za dobu $t_2 = 2{,}146\,\mathrm{s}$. Za předpokladu, že se jednalo o rovnoměrně zrychlený pohyb, určete zrychlení vlaku a celkový počet vagonů.

2. Při teplotě t_1 má měděná válcová tyč délku l_1 a zinková válcová tyč má nepatrně větší délku l_2. Poloměry obou tyčí jsou stejné.

a) Mohou mít tyče při některé teplotě $t \neq t_1$ stejnou délku?

b) Delší tyč zkrátíme, aby při teplotě t_1 měly obě tyče stejnou délku $l = l_1$. Pak obě tyče zasadíme vedle sebe těsně mezi dvě dokonale tuhé nehybné zarážky, jejichž roviny jsou kolmé k osám tyčí (obr. 1a), a tyče zahřejeme na teplotu $t_2 > t_1$. Určete poměr sil, kterými budou tyče působit na zarážky.

c) Nakonec tyče při teplotě t_1 složíme k sobě tak, že budou tvořit jednu válcovou tyč o délce $2l$, kterou opět vsadíme mezi dokonale tuhé nehybné zarážky (obr. 1.b). Jak se změní poloha spoje, zahřejeme-li ji opět na teplotu $t_2 > t_1$?

Řešte obecně, potom pro hodnoty:

$$l = l_1 = 200\ \mathrm{mm},\ l_2 = 201\ \mathrm{mm},\ t_1 = 20\ °\mathrm{C},\ t_2 = 100\ °\mathrm{C}.$$

Závislost délky tyčí na teplotě považujte za lineární, teplotní součinitele délkové roztažnosti pro vztažnou teplotu t_1 jsou

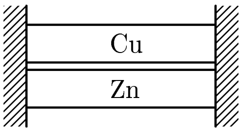
$$\alpha_1 = 16{,}8 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{K}^{-1}\ \text{(pro měď)},\ \alpha_2 = 26{,}3 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{K}^{-1}\ \text{(pro zinek)}.$$

Moduly pružnosti v tahu

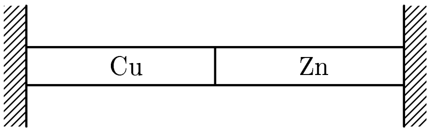
$$E_1 = 12{,}3 \cdot 10^{10}\ \mathrm{Pa}\ \text{(pro měď) a}\ E_2 = 9{,}0 \cdot 10^{10}\ \mathrm{Pa}\ \text{(pro zinek)}$$

považujte v rozsahu uvažovaných teplot za konstantní.

Obr. 1a



Obr. 1b



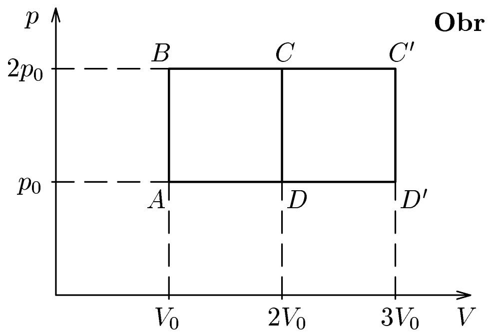
3. Dva tepelné stroje pracují v cyklech $ABCDA$ a $ABC'D'A$. podle obr. 2. V obou strojích je pracovní látkou plyn s jednoatomovými molekulami o stejném látkovém množství n.

a) Určete práci W_1 vykonanou v jednom cyklu v prvním stroji a práci W_2 vykonanou v jednom cyklu v druhém stroji.

b) Určete teplo Q_1 přijaté v jednom cyklu v prvním stroji a teplo Q_2 přijaté plynem v jednom cyklu v druhém stroji.

c) Který z obou strojů má větší účinnost?

Molární tepelná kapacita ideálního plynu s jednoatomovými molekulami za stálého objemu je $C_V = 3R_\mathrm{m}/2$, za stálého tlaku $C_p = 5R_\mathrm{m}/2$.



Obr. 2

4. a) Těleso leží na vodorovné desce, která koná harmonický kmitavý pohyb ve vodorovném směru s frekvencí f_0. Součinitel statického smykového tření mezi tělesem a deskou je μ_0. Určete maximální amplitudu x_m kmitavého pohybu desky, aby těleso po desce neklouzalo.

b) Deska kmitá harmonicky ve svislém směru s amplitudou y_m. Určete maximální frekvenci f kmitavého pohybu desky, při níž těleso trvale leží na desce.

Řešte obecně, potom pro hodnoty:

$$f_0 = 2{,}0\ \mathrm{Hz},\ \ \mu_0 = 0{,}50,\ \ y_\mathrm{m} = 0{,}050\ \mathrm{m},\ \ g = 9{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}.$$