Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy regionálního kola 40. ročníku FO kategorie C

1. Paní Nováková má zkušenost, že voda o objemu V a počáteční teplotě t_1 začne na jejím elektrickém vařiči vřít za dobu τ_1. Jednou opět postavila na vařič nádobu s vodou o objemu V a teplotě t_1, odešla do města a na vařič zapomněla.

a) Určete „kritickou“ dobu τ_k od zapnutí vařiče, za kterou se všechna voda vyvaří.

b) Určete objem V_z vody, která zbyla v nádobě, jestliže si paní Nováková včas vzpomněla na zapnutý vařič a vrátila se za dobu τ_2, přičemž $\tau_1 < \tau_2 < \tau_\mathrm{k}$.

Řešte obecně, pak pro hodnoty: $V = 1{,}0\ \mathrm{l}$, $\tau_1 = 10$ minut, $\tau_2 = 60$ minut, $t_1 = 20\ ^\circ\mathrm{C}$, $\varrho = 1000\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$ $c = 4200\ \mathrm{J\cdot kg^{-1}\cdot K^{-1}}$, $l_\mathrm{v} = 2{,}26\ \mathrm{MJ\cdot kg^{-1}}$.

Vypařování vody před dosažením teploty varu a tepelnou kapacitu nádoby zanedbejte.

2. Ruční hustilka automobilových pneumatik má i s hadičkou maximální objem V_1, který je po zvednutí pístu do horní polohy zaplněn vzduchem o atmosférickém tlaku p_1 a teplotě t_1. Při pohybu pístu dolů dojde nejprve k adiabatickému stlačení vzduchu až na tlak p_2, který je v pneumatice. Pak se otevře ventilek a vzduch vniká do pneumatiky. Protože pneumatika má mnohem větší objem než hustilka, tlak v hustilce a pneumatice se při dalším pohybu pístu dolů zvětší jen nepatrně.

V dolní poloze píst nedosedá úplně na dno. Pod pístem a v hadičce zůstává zbytkový objem V_3.

a) Při kterém objemu V_2 hustilky se otevře ventilek?

b) Jakou teplotu má vzduch, který vstupuje do pneumatiky?

c) Kolik procent vzduchu zůstane v hustilce při dosažení dolní polohy pístu?

Řešte obecně a pro hodnoty $V_1 = 640\ \mathrm{cm^3}$, $p_1 = 1{,}00 \cdot 10^2$ kPa, $t_1 = 27\ ^\circ\mathrm{C}$, $V_3 = 25\ \mathrm{cm^3}$, $p_2 = 2{,}90 \cdot 10^2$ kPa. (Manometrem z příslušenství automobilu bychom naměřili přetlak $1{,}90 \cdot 10^2$ kPa.)
Poissonova konstanta vzduchu je $\varkappa = 1{,}40$.

d) Odvoďte vztahy, které vyjadřují, jak při adiabatickém stlačení vzduchu v hustilce z tlaku p_1 na tlak p_2 roste jeho tlak a Celsiova teplota v závislosti na zmenšujícím se objemu V. Pro dané hodnoty veličin sestavte tabulku (alespoň 5 hodnot V) a sestrojte grafy těchto závislostí.

3. Dvě pružiny o zanedbatelných hmotnostech a tuhostech k_1 a k_2 jsou zavěšeny pod sebou. Na tuto soustavu pověsíme těleso o hmotnosti m.

a) Určete prodloužení každé z pružin a celkové prodloužení soustavy.

b) Vypočtěte výslednou tuhost soustavy pružin.

c) Určete dobu kmitu tělesa zavěšeného na této soustavě pružin.

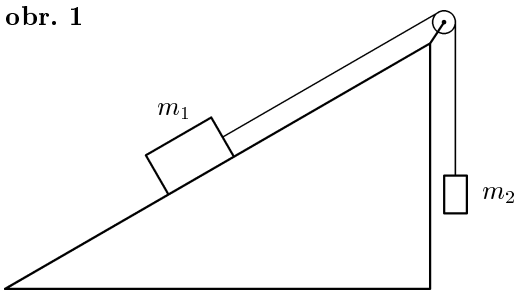
d) Vyjádřete poměr doby kmitu vypočtené v úloze c) a doby kmitu tělesa zavěšeného pouze na pružině i) o tuhosti k_1, ii) pouze na pružině o tuhosti k_2.

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $m = 0{,}50$ kg, $g = 9{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$,
$k_1 = 1{,}5 \cdot 10^2\ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$, $k_2 = 3{,}0 \cdot 10^2\ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$.

4. Na nakloněné rovině o úhlu sklonu β leží těleso o hmotnosti m_1, které je vláknem přes kladku spojeno s tělesem o hmotnosti m_2. Při daných hmotnostech a daném součiniteli smykového tření je soustava v klidu (obr. 1). Přidáme-li na těleso ležící na nakloněné rovině těleso o hmotnosti m_3, začne se soustava pohybovat dolů po nakloněné rovině se zrychlením a_1.

a) Určete hmotnost tělesa m_3.

b) Určete zrychlení soustavy, přidáme-li těleso o hmotnosti m_3 na těleso o hmotnosti m_2.

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $m_1 = 0{,}20$ kg, $m_2 = 0{,}10$ kg, $f = 0{,}30$,
$\beta = 30°$, $g = 9{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$, $a_1 = 0{,}84\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

obr. 1