

Úlohy 1. kola 65. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie C

Není-li uvedeno jinak, uvažujte tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Děje s ideálním plynem

Kyslík O_2 o hmotnosti $m = 10 \text{ g}$ má teplotu $t_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlak $p_1 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Kyslík stlačíme tak, že jeho objem po stlačení je $V_2 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Určete tlak, teplotu a změnu vnitřní energie kyslíku po stlačení, jestliže komprese proběhne

- izobaricky,
- izotermicky,
- adiabaticky.

Všechny děje považujte za děje s ideálním plynem. Poissonova konstanta pro dvouatomový plyn je $\kappa = 1,4$. Počítejte s molární plynovou konstantou $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a molární hmotností kyslíku $M_m = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$. Obecná řešení vyjádřete pouze pomocí zadaných veličin m , T_1 , p_1 , V_2 a konstant R , M_m a κ .

2. Transformátor

Na okraji městské čtvrti stojí transformační stanice. Samotný transformátor, který se skládá z železa o hmotnosti $m_{\text{Fe}} = 1,000 \text{ t}$ a z mědi o hmotnosti $m_{\text{Cu}} = 1,000 \text{ t}$, je uložen v pevné ocelové nádobě tvaru krychle o vnitřní hraně $l_0 = 0,800 \text{ m}$ a je zcela ponořen v oleji, který slouží k jeho chlazení. Provozní teplota oleje je $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Jaký bude objem nádoby za provozní teploty?
- Jaký objem zaujmají za provozní teploty železné a měděné části vlastního transformátoru?
- Kolik litrů oleje musíme nalít do nádoby, má-li být při provozu nádoba naplněna nejvýše na 90 %? Do jaké výšky bude sahat olej v prázdné nádobě před ponořením a po ponoření kovových částí?

Teplota všech částí transformátoru i oleje je při jeho plnění $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Důležité konstanty: $\rho_{\text{Fe}} = 7860 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\rho_{\text{Cu}} = 8960 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\alpha_{\text{ocel}} = 0,000013 \text{ K}^{-1}$, $\alpha_{\text{Fe}} = 0,000012 \text{ K}^{-1}$, $\alpha_{\text{Cu}} = 0,000016 \text{ K}^{-1}$, $\beta_{\text{olej}} = 0,00096 \text{ K}^{-1}$.

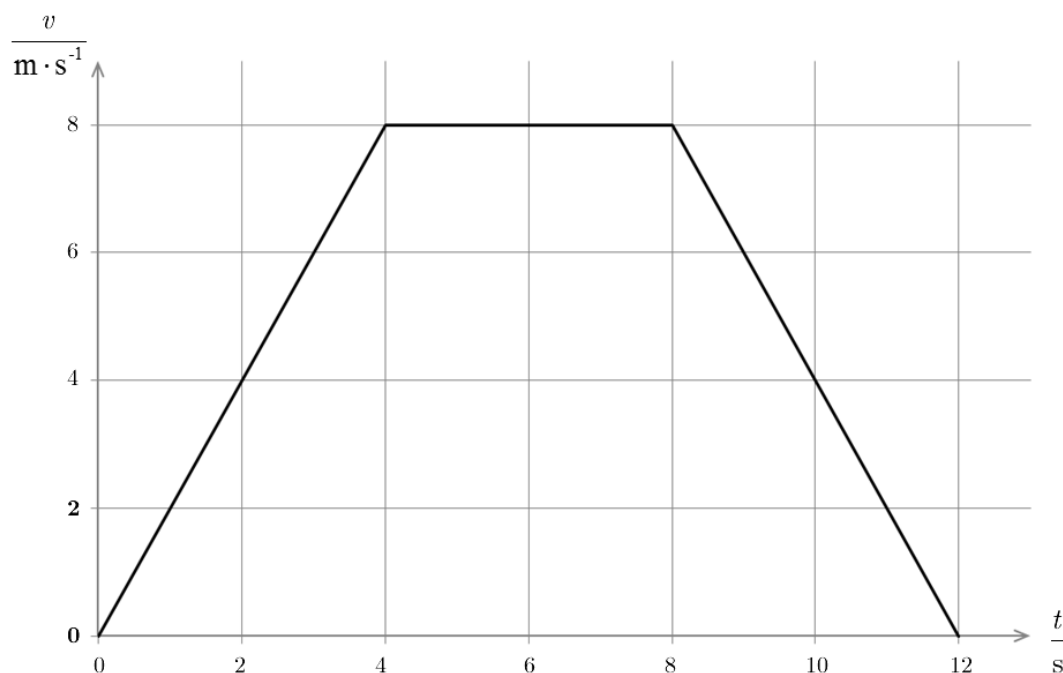
3. Výtah

Kabina rychlovýtahu o hmotnosti $m = 500 \text{ kg}$ se ve výškovém domě pohybovala do cílového patra ve směru svisle vzhůru tak, jak ukazuje graf závislosti rychlosti na čase (obr. 1).

- Určete potenciální energii kabiny v konečné poloze vzhledem k počáteční poloze.
- Sestrojte graf závislosti tahové síly, kterou působilo lano na kabinu, na dráze.
- Sestrojte graf závislosti výkonu tahové síly na čase.
- Z každého grafu zjistěte vykonanou práci tahové síly a porovnejte ji s výsledkem úlohy a).

e) Z každého grafu zjistěte kinetickou energii kabiny během rovnoměrného pohybu.

Pro jednoduchost počítejte v této úloze s tíhovým zrychlením $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

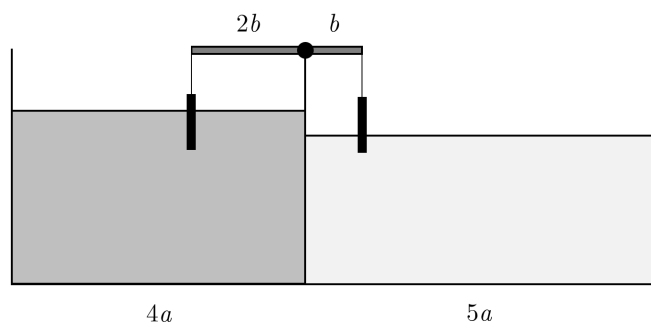


Obr. 1

4. Dvě nádoby s různými kapalinami

Dvě nádoby tvaru kvádrů mají stejnou šířku a výšku. Poměr jejich délek je 4:5. Jedna jejich stěna je společná (viz obr. 2). V nádobách jsou stejné objemy dvou různých kapalin. Na rozhraní nádob je páka zanedbatelné hmotnosti, na jejíchž koncích jsou na stejně dlouhých nitích zavěšeny dva stejné splávky. Hustota materiálu splávek je $\rho = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Levý splávek je ponořen ze dvou třetin svého objemu, pravý z jedné třetiny. Páka je ve vodorovné rovnovážné poloze, poměr jejich ramen je 2:1. Předpokládejte, že objem splávků je zanedbatelný vůči objemu kapaliny v nádobě.

- Do jaké výšky h_1 a h_2 sahají kapaliny v nádobách, mají-li splávky délku $d = 12,0 \text{ cm}$?
- Jaké jsou hustoty kapalin ρ_1 a ρ_2 v nádobách, je-li tlaková síla na společnou stěnu v obou nádobách stejná?
- Určete poměr síly, kterou působí páka na společnou stěnu, a tíhové síly obou splávků.



Obr. 2

5. Krmení veverky

Před domem, jehož okno je ve výšce $h = 24,0$ m, stojí ve vzdálenosti $l = 20,0$ m borovice. U paty stromu sedí veverka. Libor hází z okna veverce oříšek vodorovným směrem rychlostí o velikosti v .

- Jakou rychlostí v musí Libor hodit oříšek, aby padl přímo k veverce?
- Libor hodí oříšek rychlostí $v_1 = 6,0$ m · s⁻¹. Jakou stálou rychlostí u_1 musí běžet veverka, aby oříšek zachytila před jeho dopadem?
- Libor hodí oříšek rychlostí $v_2 = 10,0$ m · s⁻¹. Jakou stálou rychlostí u_2 musí veverka šplhat, aby oříšek zachytila před jeho nárazem do stromu? V jaké výšce h_2 nad zemí to bude?
- Libor hodí oříšek šikmo vzhůru pod úhlem $\alpha = 30^\circ$ vzhledem k horizontu. Jakou rychlostí v_3 musí oříšek hodit, aby padl přímo k veverce?

6. Experimentální úloha: Tuhost dvou paralelně a sériově spojených pružin

Pomůcky: Dvě pružiny o různé tuhosti, několik větších závaží s háčky, váhy a sada závaží, stopky, kousek drátu.

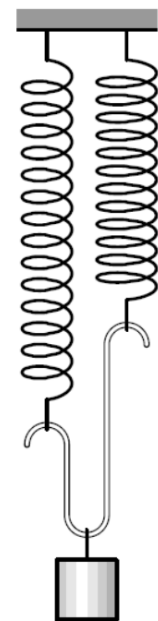
Teorie: Mechanický oscilátor tvořený pružinou o tuhosti k a hmotnosti m_0 , na které je zavěšeno těleso o hmotnosti m , kmitá s periodou

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m + \frac{m_0}{3}}{k}}. \quad (1)$$

Úkoly:

- Na dvě různé pružiny zavěšujte postupně závaží o různé hmotnosti a změřte periody kmitání takto získaných oscilátorů. Užitím vztahu (1) určete experimentálně tuhosti obou pružin.
- S použitím výsledků získaných v úkolu a) určete teoreticky výslednou tuhost obou pružin, jsou-li spojeny: 1) sériově, 2) paralelně.
- Na obě pružiny spojené 1) sériově, 2) paralelně zavěšujte různá závaží a stejným způsobem jako v úkolu a) určete experimentálně výslednou tuhost spojených pružin. Získané hodnoty porovnejte s výsledky výpočtů v úkolu b).

Poznámka k provedení: Na paralelně spojené pružiny zavěšujte závaží pomocí delšího dvojitého háčku, který si zhotovíte z kousku drátu (obr. 3). Tím dosáhnete, že obě pružiny budou deformovány stejně. Jsou-li délky nezátížených pružin různé, připravíme dvojháček nesymetrický. Hmotnost dvojháčku přičtete k hmotnosti závaží.

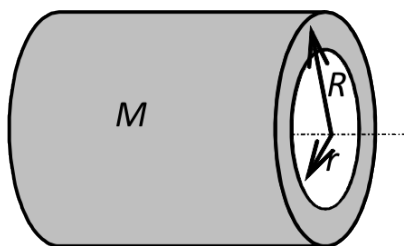


Obr. 3

7. Dutý souosý válec

Dutý souosý homogenní válec má hmotnost M , vnější poloměr R a vnitřní poloměr $r = \frac{2}{3}R$.

- Určete moment setrvačnosti J dutého válce.
- Určete kinetickou energii E_k válce, jestliže se bez prokluzování valí po vodorovné rovině rychlostí o velikosti v .
- Válec položíme na nakloněnou rovinu se sklonem α , čímž se začne bez prokluzování valit. Určete velikost a zrychlení válce.



Obr. 4