Úlohy 1. kola 37. ročníku fyzikální olympiády

Kategorie C

1. Vodní kapky odkápavají z ústí svislé trubičky ve stejných časových intervalech intervalech Δt .

   a) Určete závislost vzdálenosti dvou po sobě odkápnutých kapek na čase. Čas měříme od odtržení pozdější kapky. Sestrojte graf této závislosti.

   b) Určete, ve kterém čase je vzdálenost mezi kapkami n-krát větší než v čase $t_0 = 0$ s .

   c) Stanovte vzdálenost mezi k-tou a $k+1$ kapkou za čas t_1 od okamžiku, kdy se první kapka odtrhla od trubičky.

   Řešte obecně, potom pro hodnoty: $\Delta t = 0{,}10$ s, $n = 11$, $k = 5$, $t_1 = 2{,}0$ s .

2. V nádobě tvaru válce je pístem o hmotnosti m a plošném obsahu S uzavřen jednoatomový ideální plyn o teplotě T_0. Píst je ve výšce h_0 nad dnem nádoby. Atmosférický tlak vzduchu je p_a. Po zahřátí plynu v nádobě vnějším tepelným zdrojem zaujme píst polohu ve výšce h nad dnem nádoby. ($h > ho$).

   a) Určete výslednou teplotu plynu.

   b) Určete práci, kterou plyn vykonal.

   c) Určete změnu vnitřní energie plynu.

   d) Určete teplo přijaté plynem.

   Řešte obecně, potom pro hodnoty:

   $m = 6{,}0$ kg, $S = 160$ cm^2, $h_0 = 40$ cm, $h = 45$ cm, $T_0 = 300$ K,
   $p_a = 1{,}0 \cdot 10^5$ Pa.

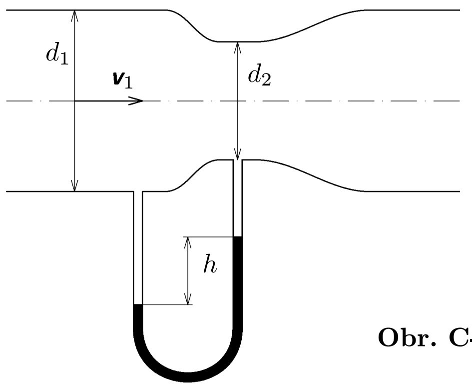
3. Na pružině s podélnou osou ve svislé poloze je zavěšena miska o hmotnosti m. Hmotnost pružiny je zanedbatelná vzhledem ke hmotnosti misky. Na pružinu položíme závaží o hmotnosti m_1. Soustava se ustálí v rovnovážné poloze. Prodloužíme-li pružinu o malou délku, uvede se soustava do kmitavého pohybu kolem rovnovážné polohy. Kmity misky považujeme za netlumené s periodou T.

   a) Jaká musí být amlituda výchylky y_m, aby závaží při kmitech stále leželo na misce?

b) Určete posunutí Δl rovnovážné polohy misky se závažím, jestliže místo závaží o hmotnosti m_1 použijeme závaží o hmotnosti m_2, kde $m_2 > m_1$.

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $m = 20$ g, $m_1 = 5{,}0$ g, $m_2 = 23$ g, $T = \frac{\pi}{3}$ s.

4. Na obr. C-1 je ve schématickém řezu znázorněna *Venturiova trubice* sloužící k průběžnému měření objemového průtoku plynu v potrubí. Potrubí o vnitřním průměru d_1 je v určitém místě zúženo na vnitřní průměr d_2, což vede ke vzniku tlakového rozdílu, který měříme kapalinovým manometrem.
Potrubím proudí vzduch, který má před vstupem do Venturiovy trubice tlak p_1 a teplotu t_1. Změny tlaku a teploty při průchodu tryskou jsou relativně malé, takže hustota ϱ plynu je prakticky konstantní. Proudění je laminární. Kapalina v manometrické trubici tvaru U má hustotu ϱ_0 a svislá vzdálenost h hladin manometru nesmí překročit hodnotu h_{max}.



Obr. C-1

a) Stanovte hustotu vzduchu a určete jeho rychlost v_1 v potrubí o vnitřním průměru d_1 jestliže svislá vzdálenosti h hladin manometru právě dosáhne hodnoty h_{max}.

b) Určete objemový průtok Q_V plynu v potrubí jako funkci vzdálenosti h a na milimetrový papír sestrojte graf této funkce v oboru $h \in \langle 0\,,\ h_{max} \rangle$.

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $d_1 = 50$ mm, $d_2 = 30$ mm, $t_1 = 20$ °C,
$p_1 = 2{,}2 \cdot 10^5$ Pa, $\varrho_0 = 1{,}0 \cdot 10^3$ kg·m^{-3}, $h_{max} = 100$ mm. Vzduch považujeme za ideální plyn s molární hmotností $M_m = 28{,}96 \cdot 10^{-3}$ kg·mol^{-1}.

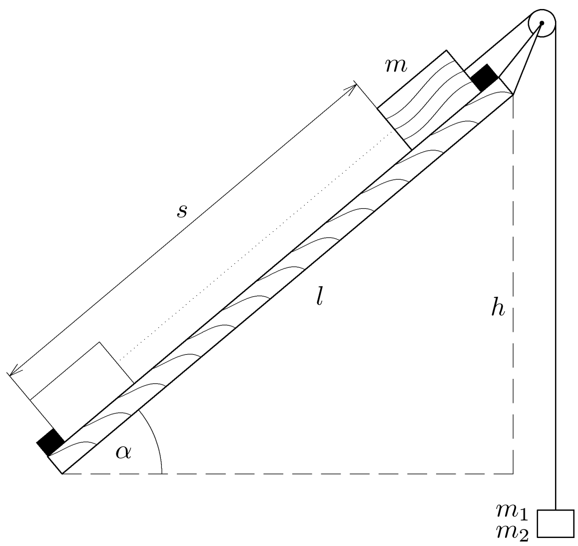
5. Nádrž s velkým objemem je naplněna kapalinou o hustotě ϱ. V kapalině plavou dvě homogenní tělesa – rotační válec a koule. Obě tělesa mají stejnou hmotnost a při dané teplotě i stejný objem. Osa rotačního válce je svislá a válec je ponořený do kapaliny polovinou svého objemu. Poloměr válce je r_1 a jeho výška je h.

   a) Určete hustotu materiálu, ze kterého je vyroben válec.
   b) Určete hustotu materiálu, ze kterého je vyrobena koule.
   c) Určete poloměr koule.
   d) Určete práce, které je zapotřebí vykonat při zvednutí každého z obou těles nad volný povrch kapaliny.
   e) Vyjádřete podmínku, při které budou vykonané práce stejné.

   Polohu volného povrchu kapaliny v nádrži považujte za stálou. Při výpočtu prací v úloze d) použijte vztah mezi vykonanou prací a změnou potenciální energie tíhové soustavy těleso – kapalina při zdvižení tělesa těsně nad volný povrch kapaliny. Těžiště polokoule je na ose souměrnosti ve vzdálenosti $3r/8$ od podstavy.

6. **Praktická úloha:** Stanovení součinitele smykového tření

   a) Připravte si nakloněnou rovinu délky alespoň 1 m se sklonem přibližně 35° až 40°, opatřte ji na horním konci malou kladkou a na obou koncích zarážkami. Změřte délku l a výšku h nakloněné roviny a upřesněte úhel α nakloněné roviny. Položte na ni dřevěný kvádr o známé hmotnosti m, který přes kladku spojíte vláknem se závažím (obr. C-2).



Obr. C-2

b) Zvolte závaží o takové hmotnosti m_1, aby se kvádr pohyboval s malým zrychlením dolů po nakloněné rovině. Určete dobu t_1, po kterou se kvádr bude po nakloněné rovině pohybovat, jestliže ho uvolníme na horním konci, a dráhu s, kterou přitom urazí. Z naměřených údajů vypočtěte zrychlení soustavy a ze známých hmotností kvádru a závaží určete součinitel f smykového tření mezi kvádrem a nakloněnou rovinou. (Hmotnost kladky zanedbejte.) Potřebné vztahy odvoďte.

c) Zvolte závaží závaží o takové hmotnosti m_2, aby se kvádr pohyboval s malým zrychlením nahoru po nakloněné rovině. Změřte dobu t_2, po kterou se kvádr bude po nakloněné rovině pohybovat, jestliže ho uvolníme na dolním konci. Opět určete zrychlení soustavy a součinitel smykového tření mezi kvádrem a nakloněnou rovinou. Oba výsledky porovnejte.

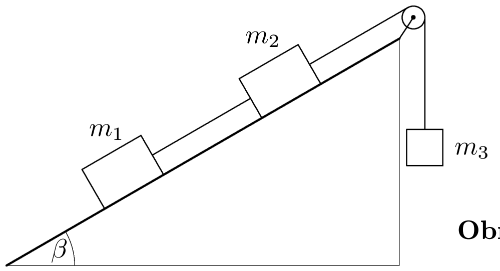
7. Tři tělesa o hmotnostech m_1, m_2 a m_3 jsou spojena vláknem podle obr. C-3. Součinitel tření mezi tělesy na nakloněné rovině a nakloněnou rovinou je f, úhel nakloněné roviny je β. Hmotnost kladky zanedbáváme.

a) Jaké podmínky musí splňovat dané veličiny, aby po uvolnění soustavy sjely kvádry o hmotnostech m_1 a m_2 po nakloněné rovině dolů?

b) Jaké podmínky musí splňovat dané veličiny, aby po uvolnění soustavy vyjely kvádry o hmotnostech m_1 a m_2 po nakloněné rovině nahoru?

V obou případech určete zrychlení soustavy a síly F_1, F_2 napínající vlákno mezi tělesy o hmotnostech m_1 a m_2 a mezi tělesy o hmotnostech m_2 a m_3.

c) Rozhodněte, zda nastane některý z případů a), b), jestliže
$m_1 = 0{,}50$ kg, $m_2 = 0{,}30$ kg, $m_3 = 0{,}15$ kg, $f = 0{,}30$ a $\beta = 30°$.
Pokud ano, určete zrychlení soustavy a síly napínající vlákno.



Obr. C-3