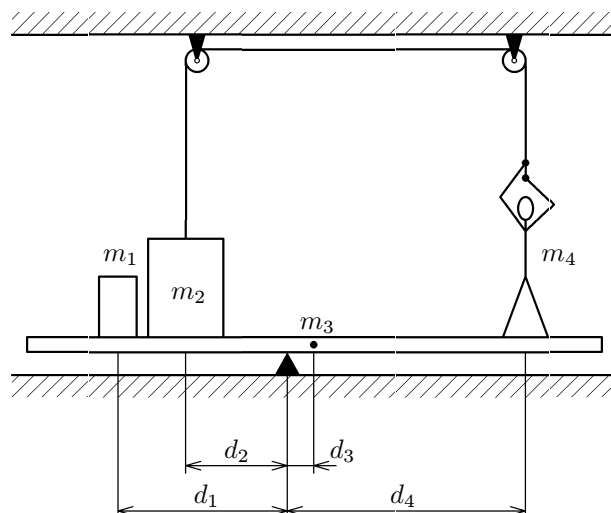


Úlohy 1. kola 38. ročníku fyzikální olympiády. Kategorie C

- Homogenní kláda o hmotnosti m_3 je podepřena ve vzdálenosti d_3 vlevo od svého středu (obr. 1). Na kládě jsou vlevo od podpěry položena dvě válcová tělesa o hmotnostech m_1 a m_2 . Jejich svislé osy jsou ve vzdálenostech d_1 a d_2 od podpěry. Ve vzdálenosti d_4 vpravo od podpěry stojí chlapec o hmotnosti m_4 , který tahá za lano vedené přes dvě kladky. Druhý konec lana je připevněn ke středu horní podstavky tělesa s hmotností m_2 . Hmotnost lana považujeme vzhledem k hmotnostem ostatních těles za zanedbatelnou. Lano nad chlapcem i tělesem s hmotností m_2 je svislé.
 - Určete, jakou silou působí chlapec na lano, je-li soustava v rovnováze a kláda je vodorovná.
 - Najděte interval hodnot m_4 (pro zadané hodnoty ostatních veličin), aby chlapec mohl udržet soustavu v rovnováze. Jakými silami je lano napínáno pro hodnoty m_4 z tohoto intervalu?

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $m_1 = 20 \text{ kg}$, $m_2 = 40 \text{ kg}$, $m_3 = 20 \text{ kg}$, $m_4 = 50 \text{ kg}$, $d_1 = 5d_3$, $d_2 = 3d_3$, $d_4 = 7d_3$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.



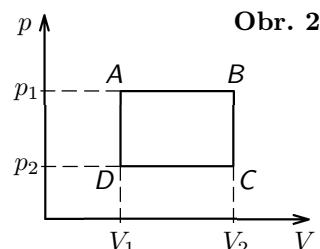
Obr. 1

- V jedné nádobě je voda o hmotnosti m_1 a teplotě t_1 , ve druhé nádobě voda o hmotnosti m_2 a teplotě t_2 , $t_1 > t_2$. Obě nádoby jsou tepelně izolovány a jejich tepelná kapacita je zanedbatelná. Část vody se přeleje z první nádoby do druhé. Po ustálení teploty ve druhé nádobě se přeleje voda téže hmotnosti zpět ze druhé nádoby do první. Po ustálení teploty vody v první nádobě byla teplota v první nádobě t_3 .

- a) Určete teplotu vody ve druhé nádobě na konci děje.
- b) Určete hmotnost vody, která byla přelita nejprve z první nádoby do druhé a pak zpět do první.

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $m_1 = 5,0 \text{ kg}$, $m_2 = 1,0 \text{ kg}$, $t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_3 = 59 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. V ideálním plynu s dvouatomovými molekulami o látkovém množství n molů probíhá kruhový děj složený ze dvou izobarických a dvou izochorických dějů, jehož diagram p, V je naznačen na obr. 2. Počáteční tlak plynu je p_1 , počáteční objem V_1 . Nejnižší teplota při ději je $T_{\min}$, nejvyšší $T_{\max}$.

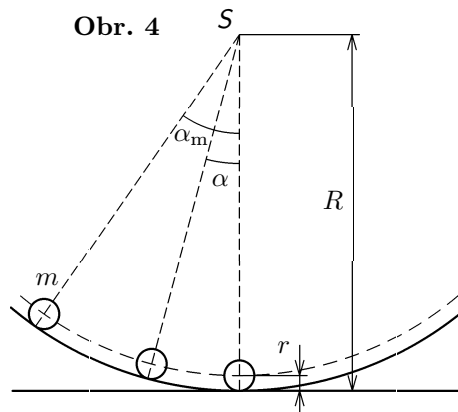
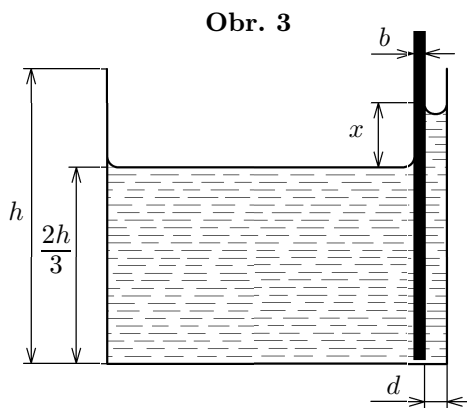


- a) Určete, který bod diagramu na obr. 2 odpovídá stavu s nejvyšší teplotou a který stavu s nejnižší teplotou. Pomocí veličin p_1 , V_1 , $T_{\min}$, $T_{\max}$, n a R_m vyjádřete objem, tlak a teplotu plynu pro stavy určené body A , B , C , D v obrázku a vypočítejte jejich číselné hodnoty. Diagram p, V narýsujte přesně s dodržением proporcí a s vyznačením měřítek na osách.
- b) Znázorněte cyklus $ABCD$ diagramem T, p a diagramem T, V . (V obou případech na svislou osu vynášíme T .) Také v těchto případech dodržte proporce děje a na osách vyznačte měřítko.
- c) Vypočítejte celkovou práci plynu při kruhovém ději.
- d) Stanovte termodynamickou účinnost stroje, v němž děj probíhá.
- e) Ukažte, že termodynamická účinnost stroje vypočtena v části d) je nižší než termodynamická účinnost Carnotova cyklu s teplotou ohřívače $T_{\max}$ a teplotou chladiče $T_{\min}$.

Řešte obecně a pro hodnoty: $T_{\min} = 300 \text{ K}$, $T_{\max} = 600 \text{ K}$, $n = 1,00 \text{ mol}$, $p_1 = 1,50 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$. Pro molární tepelné kapacity plynu s dvouatomovými molekulami platí: $C_p = 7R_m/2$, $C_V = 5R_m/2$.

4. Skleněná nádobka se svislými stěnami má čtvercový průřez o straně a a výšku h . Do dvou třetin své výšky je naplněna vodou, jejíž povrchové napětí ve styku se vzduchem je σ . Rovnoběžně s jednou boční stěnou v malé vzdálenosti od ní vsuneme do nádoby skleněnou svislou přepážku, která celou nádobu rozdělí na dvě části - širokou a úzkou (obr. 3). Jakou tloušťku musí mít skleněná přepážka, má-li zůstat hladina vody v široké části nádoby po úplném zasunutí přepážky v nezměněné výšce? Předpokládáme, že voda dokonale smáčí stěny nádoby a že v širší části nádoby se kapilární jevy neprojevují.

Řešte obecně, potom pro hodnoty $a = 10,0 \text{ cm}$, $h = 6,00 \text{ cm}$,
 $\sigma = 73,6 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, hustota vody $\rho_V = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.



5. Po vnitřní straně válcové plochy o poloměru R upevněné na vodorovné podložce koná valivý pohyb homogenní válec o poloměru $r < R$ a hmotnosti m . Pohyb začíná v poloze určené úhlem α_m (obr. 4). Součinitel smykového tření mezi válcem a válcovou plochou je f .

- Ověřte, že daný úhel α_m je dostatečně malý, aby nedošlo ke smyku válce po válcové ploše.
- Určete, jakou rychlostí se pohybuje osa válce a jakou silou působí válec na válcovou plochu při průchodu rovnovážnou polohou.
- Určete, jakou rychlostí se pohybuje osa válce a jakou silou působí válec na válcovou plochu v poloze určené úhlem α podle obrázku.

Řešte obecně a pro hodnoty: $R = 1,0 \text{ m}$, $r = 5,0 \text{ cm}$, $m = 0,50 \text{ kg}$, $f = 0,35$,
 $\alpha_m = 35^\circ$, $\alpha = 15^\circ$.

6. Praktická úloha: Statické a dynamické měření síly potřebné k přetržení vlákna

Určete sílu potřebnou k přetržení vlákna (niti do šicího stroje, hedvábí apod.)

- staticky — pomocí siloměru,
- dynamicky — metodou založenou na současném působení tíhy a odstředivé síly. Výsledky získané oběma způsoby porovnejte.

Provedení úlohy:

- Konec vlákna uvažte na siloměr a pomalu zvětšujte zatížení siloměru, až vlákno praskne. Měření opakujte desetkrát, výsledky zapište do tabulky.

Vypočítejte průměrnou velikost trhací síly a průměrnou odchylku jednoho měření.

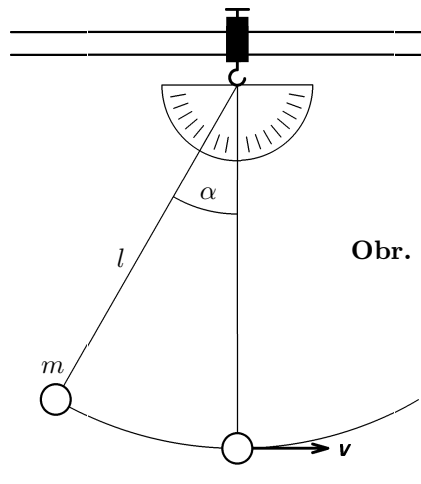
- b) Na okraj desky stolu připevněte svorku s háčkem a za ni do svislé roviny úhloměr (obr. 5). Na háček přivažte měřené vlákno a těsně nad podlahu zavěste závaží, jehož tíha je rovna přibližně polovině trhací síly určené při statickém měření. Vychýlíme-li

závaží o úhel α a uvolníme, bude při průchodu rovnovážnou polohou působit na vlákno celková síla o velikosti

$$F = mg + \frac{mv^2}{l} = mg(3 - 2 \cos \alpha).$$

Tento vztah odvoďte.

Výchylku postupně zvětšujte, až dojde k přetržení vlákna, a vypočítejte trhací sílu. Měření opakujte desetkrát, výsledky запиšte do tabulky. Vypočítejte průměrnou velikost trhací síly a průměrnou odchylku jednoho měření.



7. List kancelářského papíru položíme na vodorovný stůl tak, aby poněkud přesahoval přes jeho okraj. Délku té části listu, která je nad stolní deskou, označme l . Do středu této části položíme homogenní váleček o poloměru r tak, že jeho osa bude rovnoběžná s hranou stolu, přes kterou papír přesahuje. Papír uchopíme za přečnívající okraj a vytáhneme vodorovným směrem zpod válečku se stálým zrychlením a . Součinitel smykového tření mezi papírem a válečkem je f_1 a mezi válečkem a prázdnou stolní deskou f_2 .

- Ověřte, že pro danou hodnotu zrychlení papíru se váleček bude pohybovat po papíru bez smyku a určete, jaké zrychlení bude mít hmotný střed válečku vzhledem ke stolu po dobu, kdy na něj bude působit papír.
- Určete polohu a pohybový stav válečku v okamžiku, kdy se celý papír vysune zpod válečku.
- Určete, jak se bude váleček pohybovat po vysunutí papíru.

Řešte obecně a pro hodnoty: $a = 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $f_1 = 0,30$, $f_2 = 0,40$, $l = 28,0 \text{ cm}$, $r = 2,0 \text{ cm}$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Doporučení: Dříve, než se pustíte do teoretického řešení, proveďte pokus, při kterém alespoň přibližně splníte podmínky úlohy.