

Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

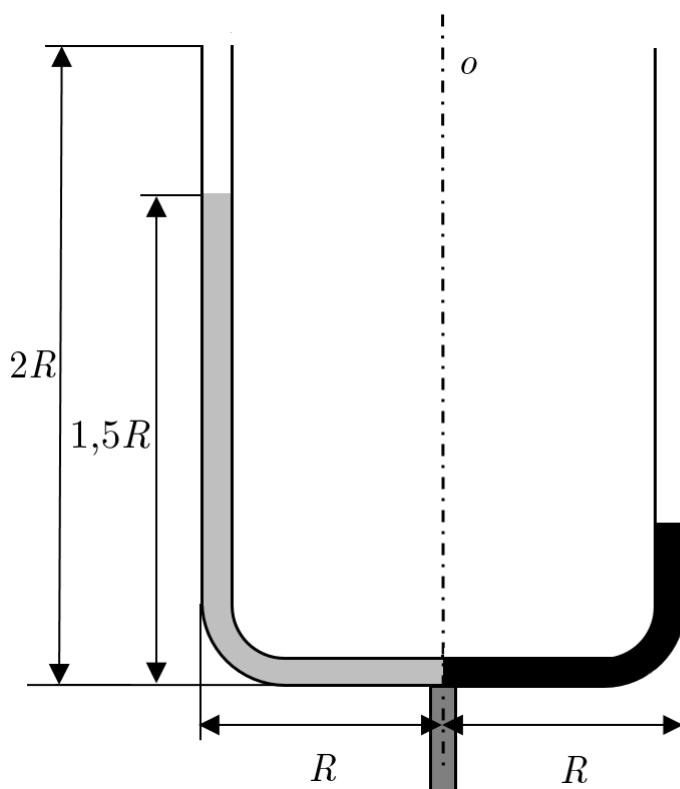
Teoretické úlohy celostátního kola 60. ročníku FO

HRADEC KRÁLOVÉ 2019

1. U-trubice

V U-trubici s rozměry ramen $2R = 20,0$ cm jsou nality dvě kapaliny, jedna o hustotě $\rho_1 = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a druhá o hustotě $\rho_2 = 4000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, které se navzájem nemísí. V počátečním stavu je rozhraní mezi kapalinami právě uprostřed spodního ramena trubice o délce $2R$ (obr. 1). Hladina kapalin o menší hustotě je ve výšce $1,5R$. Tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Vnitřní průměr trubice je zanedbatelný vzhledem k R . Kapilární jevy neuvažujte.

- Do jaké výšky h_1 sahá kapalina o větší hustotě?
- O jakou vzdálenost d se posune rozhraní mezi kapalinami, dolijeme-li do levé části trubice kapalinu o hustotě ρ_1 až po okraj?
- Kterým směrem a o jakou vzdálenost x by se posunulo rozhraní mezi kapalinami, kdybychom trubici v počátečním stavu roztočili úhlovou rychlostí $\omega = 20 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ kolem osy souměrnosti?



Obr. 1

2. Píst s čočkou

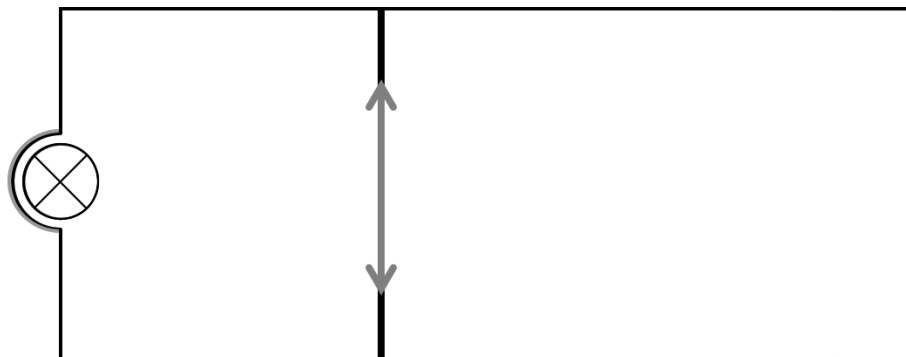
Vodorovně ležící válec o objemu $V = 2,0$ l je rozdělen na dvě části hladkým, pohyblivým pístem, v němž je umístěna tenká čočka, jejíž optický střed je v ose válce (obr. 2). V levé části válce je plyn s jednoatomovými molekulami o atmosférickém tlaku $p_0 = 1,0 \cdot 10^5$ Pa, v pravé části je plyn s dvouatomovými molekulami o stejném tlaku, jehož látkové množství je k -krát větší.

Uprostřed levé základny je umístěna žárovka se žhaveným kovovým vláknem. Připojíme-li lampu na ideální zdroj napětí $U_e = 4,0$ V, bude žárovkou procházet proud $I = 0,32$ A, vlákno se rozzáří a zobrazí se jasně na stínítku. Velikost obrazu $y_1 = 4,0$ cm. Obraz se ale postupně rozostří na světlou skvrnu, aby po určité době t vznikl opět ostrý obraz o velikosti $y_2 = 1,0$ cm.

Tepelná kapacita povrchu válce, pístu s čočkou, levé základny se žárovkou je ve srovnání s plynem zanedbatelně malá. Energii elektromagnetického záření prošlého čočkou považujte za zanedbatelnou vzhledem k elektrické energii dodané do žárovky. Píst, čočku i válec považujte za dokonalé tepelné izolanty, s výjimkou pravého dna, které je dokonale tepelně vodivé a zajišťuje tak stálou teplotu v pravé části válce. Počáteční teplota plynu v obou částech nádoby je na počátku měření shodná.

- Jakou velikost y má vlákno žárovky?
- Určete hodnotu čísla k a vypočítejte, jaký tlak bude v levé a v pravé části nádoby, když na stínítku vznikne opět ostrý obraz vlákna žárovky.
- Jakou elektrickou energii spotřebuje žárovka a za jakou dobu t vznikne na stínítku opět ostrý obraz vlákna žárovky?

Předpokládejte, že veškeré teplo vydávané žhavým vláknem žárovky zahřeje plyn ve válci.



Obr. 2

3. Dvakrát

- a) Tenký rezistor tvaru válce je připojen ke zdroji stálého napětí a nachází se ve vzduchu, jehož teplota je $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po určité době se teplota rezistoru ustálí na $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na jaké hodnotě se ustálí teplota rezistoru ze stejného materiálu za stejných podmínek, budou-li všechny rozměry rezistoru dvakrát větší? (Tepelný výkon, který předává rezistor do okolí, je úměrný velikosti jeho pláště a rozdílu teplot mezi rezistorem a jeho okolím).
- b) Doba volného pádu malého tělesa z věže na povrchu Země je τ . Jak dlouho by trval volný pád tělesa ze stejné věže na povrchu planety, která má stejnou průměrnou hustotu, ale dvakrát menší poloměr než Země? Odpor atmosféry při pohybu tělesa je zanedbatelný.
- c) Za stálého mrazivého počasí, kdy je teplota vody $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplota vzduchu je trvale pod bodem mrazu a nemění se, ledová vrstva se za jeden den zvětší o tloušťku h . Jak silná bude tato vrstva za dva dny?
- d) V nádobě tvaru kvádru, jejíž dvě protější stěny jsou z tepelně i elektricky z vodivého materiálu, zbylé stěny a dno jsou nevodivé, je vodivá kapalina. Když ke stěnám nádoby připojíme zdroj stálého proudu, bude se kapalina zahřívat a při určité teplotě začne vřít. Za dobu $\tau_0 = 10$ minut od počátku varu se množství kapaliny v nádobě dvakrát zmenší. Za jakou dobu se kapalina zcela vypaří?

4. Produkce hassia

Při produkci jader hassia lze využít svazek jader železa ${}^{58}_{26}\text{Fe}$ (relativní atomová hmotnost atomů $A_r = 57,933\,274$) a terč z olova ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ ($A_r = 207,976\,652$). Sloučením vznikne jádro hassia ${}^{266}_{108}\text{Hs}$ ($A_r = 266,130\,045$). Optimální kinetická energie svazku s největším účinným průřezem okolo 60 pb je pro energii jader železa 280,0 MeV.

- a) Vypočtěte na čtyři platné číslice relativní rychlost (vzhledem k c) dopadajícího jádra železa (nerelativisticky i relativisticky).
- b) Výpočtem coulombovské bariéry interagujících jader ukažte, že energie dopadajících jader železa je větší.
- c) Vypočtěte na tři platné číslice excitační energii jádra hassia. Při práci s hybností využijte poznatek, že klidové energie jádra hassia v základním a v excitovaném stavu si jsou téměř rovny.
- d) Vypočtěte na tři platné číslice relativní rychlost (vzhledem k c) jádra hassia.

Klidová hmotnost odpovídající atomové hmotnostní jednotce je $931,494\,095\text{ MeV}/c^2$, klidová hmotnost elektronu je $0,510\,999\text{ MeV}/c^2$, $\hbar c = 197,3\text{ MeV} \cdot \text{fm}$, konstanta jemné struktury $\alpha = \frac{1}{137}$, $R_0 = 1,3\text{ fm}$, $1\text{ barn} = 10^{-28}\text{ m}^2$.