

**МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ,  
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ И  
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

**Регионално такмичење из физике за ученике средњих школа,  
школске 2000/2001. год.  
II разред**

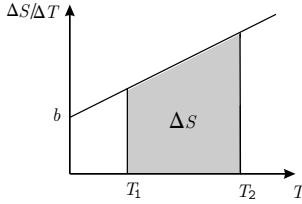
1. Кроз глицерин густине  $\rho = 1240\text{kg/m}^3$  и коефицијента вискозности  $\eta = 0.800\text{Ns/m}^2$  се крећу две куглице: прва од гвожђа густине  $\rho_1 = 7800\text{kg/m}^3$  и полупречника  $r_1 = 5\text{mm}$ , а друга од алуминијума густине  $\rho_2 = 2700\text{kg/m}^3$  и непознатог полупречника  $r_2$ . Одредити  $r_2$  ако се зна да дуго након почетка њиховог кретања исти пут  $s = 1\text{m}$  друга куглица прелази за време  $\Delta t = 1\text{s}$  спорије од прве. (20 п.)
2. Систем се налази на температури  $T_1 = 200\text{K}$ . После загревања до неке температуре  $T_2$  ентропија се промени за  $\Delta S = 120.0\text{kJ/K}$ . Ако топлотни капацитет система зависи од температуре као  $C = aT^2 + bT$ , где су  $a = 4\text{J/K}^3$  и  $b = 200\text{J/K}^2$ , одредити температуру  $T_2$ . (20 п.)
3. На хоризонталној подлози се налази суд попречног пресека  $S_1 = 2\text{dm}^2$  који је испуњен водом до висине  $H = 1\text{m}$  и затворен слободним клипом масе  $M$ . На висини  $h = 20\text{cm}$  од дна суда начињен је отвор попречног пресека  $S_2 = 0.5\text{cm}^2$  кроз који може да истиче вода. Ако се зна да је домет млаза воде пре затварања суда клипом био за  $\Delta d = 20\text{cm}$  мањи од домета млаза по затварању суда, одредити масу клипа. (20 п.)
4. Куглица чији је коефицијент запреминског ширења  $\beta$ , урања се у течност на температурама  $t_1$  и  $t_2$ . Тежине при том истиснутих течности су  $Q_1$  и  $Q_2$ . Одредити коефицијент запреминског ширења течности.  
Задатак преузет из часописа "Млади физичар" бр. 44. (20 п.)
5. У топлотно изолованом суду, попречног пресека  $S = 5\text{dm}^2$ , налази се  $n = 1$  мол једноатомског идеалног гаса ( $C_V = \frac{3}{2}R$ ) на температури  $T_1 = 500\text{K}$ . Суд је одозго затворен клипом масе  $M = 7\text{kg}$ , који је фиксиран на висини  $h = 80.0\text{cm}$  од дна суда. Одредити за колико се помери клип када се пусти да се слободно креће. Такође одредити и промену унутрашње енергије гаса при овом померању. (20 п.)

$$R = 8.314\text{J/Kmol}, g = 9.81\text{m/s}^2, 0^\circ\text{C} = 273.15\text{K}, \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000\text{kg/m}^3, p_a = 101\text{kPa}$$

Напомена: Грешке величина чије су вредности дате као цели бројеви су занемариве.

Задатке припремила: Марија Димитријевић  
Рецензент: мр Ђорђе Спасојевић  
Председник комисије: др Мићо Митровић

**Решења задатака за регионално такмичење из физике ученика средњих школа,  
школске 2000/2001. год.  
II разред**

1. Једначина кретања куглице кроз глицерин је  $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_p + \vec{F}_s$ , где су сила потиска  $\vec{F}_p = -\frac{4}{3}r^3\pi\rho\vec{g}$  и Стоксова сила  $\vec{F}_s = -6\pi\eta r\vec{v}$ . (5 п.) Без обзира на почетне услове, дуго након почетка кретања, кретање куглица је равномерно и брзина куглица је одређена условом  $m\vec{a} = 0$ , одакле је  $\vec{v}_i = \frac{2r_i^2(\rho_i - \rho)}{9\eta}\vec{g}$ ,  $i = 1, 2$  за прву и другу куглицу респективно. (5 п.) Времена преласка пута  $s$  су  $t_i = \frac{s}{v_i} = \frac{9\eta s}{2gr_i^2(\rho_i - \rho)}$ . Одавде је  $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{9\eta s}{2g} \left( \frac{1}{r_2^2(\rho_2 - \rho)} - \frac{1}{r_1^2(\rho_1 - \rho)} \right)$ , на основу чега је  $r_2 = r_1 \sqrt{\frac{1}{1 + \Delta t/t_1} \frac{\rho_1 - \rho}{\rho_2 - \rho}}$ . (6 п.) На основу датих вредности налази се да је  $t_1 = 2.238s$  и  $r_2 = 8.81mm$ . (4 п.)
2. Промена ентропије је  $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$ , где је  $\Delta Q = C\Delta T$ , што заменом даје  $\Delta S = (aT + b)\Delta T$ . (5 п.) Графички, промена ентропије одговара површини испод праве  $aT + b$  између тачака  $T_1$  и  $T_2$  на  $T$  оси:  $\Delta S = \frac{a}{2}T_2^2 + bT_2 - \frac{a}{2}T_1^2 - bT_1$ . (10 п.) Решавањем квадратне једначине по  $T_2$  добија се  $T_2 = 300.0K$ . (5 п.)
 
3. Пре затварања суда клипом, Бернулијева једначина, примењена на пресеке (1)-непосредно испод нивоа воде у суду и (2)-на начињеном отвору, гласи  $\rho \frac{v_2^2}{2} + \rho gH + p_a = \rho \frac{v_2^2}{2} + \rho gh + p_a$ . (2 п.) Користећи једначину континуитета, као и чињеницу да је  $S_1 \gg S_2$ , налази се за брзину истицања воде  $v_2 = \sqrt{2g(H - h)}$ , а затим и за домет млаза  $d = 2\sqrt{h(H - h)} = 80.0cm$ . (5 п.)  
По затварању суда клипом, Бернулијева једначина, примењена на исте пресеке као и у претходном случају, гласи  $\rho \frac{\tilde{v}_2^2}{2} + \rho gH + p_a + \frac{Mg}{S_1} = \rho \frac{\tilde{v}_2^2}{2} + \rho gh + p_a$  (2 п.), па се за домет добија  $\tilde{d} = 2\sqrt{h(H - h + \frac{M}{\rho S_1})}$ . (5 п.) Из услова задатка, да је  $\tilde{d} = d + \Delta d$ , налази се  $M = \frac{\rho S_1}{h} \left( \frac{\Delta d^2}{4} + \Delta d \sqrt{h(H - h)} \right) = 9kg$ . (6 п.)
4. Нека је на температури  $t = 0^\circ C$  запремина куглице  $V_0$ , а густина течности  $\rho_0$ . Тежине истиснутих течности су  $Q_1 = \rho_1 g V_1$  и  $Q_2 = \rho_2 g V_2$ , где су  $\rho_1$  и  $\rho_2$  густине течности на температурама  $t_1$  и  $t_2$ , а  $V_1$  и  $V_2$  запремине куглице на тим температурама. За куглицу је  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0(1 + \beta t_1)}{V_0(1 + \beta t_2)}$  (4 п.), а за течност  $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\rho_0(1 + \beta_1 t_2)}{\rho_0(1 + \beta_1 t_1)}$  (4 п.), где је  $\beta_1$  запремински коефицијент ширења течности. Одавде се за однос тежина истиснуте течности добија  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(1 + \beta t_1)(1 + \beta_1 t_2)}{(1 + \beta t_2)(1 + \beta_1 t_1)} \approx \frac{1 + \beta t_1 + \beta_1 t_2}{1 + \beta t_2 + \beta_1 t_1}$ , где су у задњем кораку занемарени чланови који садрже производе коефицијената запреминског ширења у односу на остале чланове. (8 п.) Користећи ово, за  $\beta_1$  се налази  $\beta_1 = \frac{Q_2(1 + \beta t_1) - Q_1(1 + \beta t_2)}{Q_1 t_1 - Q_2 t_2}$ . (4 п.)
5. Из једначине стања идеалног гаса налази се притисак у суду док је клип фиксиран  $p_1 = \frac{nRT_1}{Sh} = 103.925kPa = 103.9kPa$ . (3 п.) Када се ослободи, клип се креће све док притисак гаса у суду не буде једнак  $p_2 = p_a + \frac{Mg}{S} = 102.373kPa = 102.4kPa$ . (5 п.) Како је  $p_1 > p_2$ , то ће се клип кретати на горе. (3 п.) Процес кретања је адијабатски, па је  $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$ , где је  $V_2 = S(h + \Delta h)$ . Одатле је  $\Delta h = \left( (p_1/p_2)^{\frac{1}{\gamma}} - 1 \right) h = 7.25mm$ . (5 п.) Промена унутрашње енергије је  $\Delta U = nC_V(T_2 - T_1)$ , где је  $T_2 = T_1(p_1/p_2)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 497K$ , па је  $\Delta U = -37.4J$ . (4 п.)

Напомена: При израчунавању нумеричких вредности тражених величина, водило се рачуна о имплицитно признатим грешкама улазних величина (једнаким половици вредности последње цифре) са тиме да су у току израчунавања коришћене незаокружене вредности, након чега је коначни резултат заокружен на одговарајући број цифара.