

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

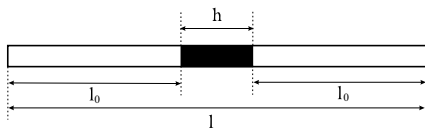
**Регионално такмичење из физике за ученике средњих школа  
школске 2003/2004. год.  
II разред**

1. Танка цев  $l = 1m$  затворена је са оба краја. Када је у хоризонталном положају, средњих  $h = 10cm$  цеви је испуњено живом густине  $\rho = 13.6 \times 10^3 kg/m^3$ , а остали делови ваздухом на притиску  $p = 101325 Pa$  (слика 1). Када се цев постави вертикално стуб живе чија дужина остаје иста, помери се за  $\Delta l$ . Одредити овај померај одмах по заустављању живе. Претпоставити да је  $\Delta l$  много мање од дужина ваздушних стубова када је цев била у хоризонталном положају. Искористити следећу апроксимацију:  $(1 \pm x)^\alpha \approx 1 \pm \alpha x$ ,  $\alpha \in R \wedge |x| \ll 1$ .  
Задатак преузет из часописа "Млади физичар" бр. 69. (20 п.)
2. Топлотно изолована посуда подељена је на два дела клипом који не проводи топлоту, и креће се кроз посуду без трења (слика 2). У левом делу посуде налази се  $1mol$  идеалног једноатомског гаса, а у десном делу је вакуум. Клип је повезан са десном ивицом посуде опругом, чија је дужина у слободном стању једнака дужини посуде. Одредити топлотни капацитет система  $C$ . Занемарити топлотне капацитете опруге, посуде и клипа. (20 п.)
3. Гас се згреје из истог почетног стања, на начине приказане на слици 3 стрелицама  $1 \rightarrow 2$  и  $1 \rightarrow 3$  до исте коначне температуре. Који од ова два процеса захтева већу количину топлоте? (20 п.)
4. Колики је рад потребно уложити да би се потопила у воду коцка стране  $a = 20cm$ , направљена од дрвета густине  $\rho = 800kg/m^3$ ? Густина воде је  $\rho_0 = 1000kg/m^3$ . (20 п.)
5. Гвоздена кугла полупречника  $R = 2cm$ , извади се из воде која кључа и постави на лед, чија је температура  $t_1 = 0^\circ C$ . До које дубине  $h$  ће кугла уронити у лед? Специфична топлота топљења леда је  $\lambda = 0.33MJ/kg$ , специфични топлотни капацитет гвожђа  $c = 460J/(kgK)$ , густина леда је  $\rho_1 = 917kg/m^3$ , а гвожђа  $\rho_2 = 7870kg/m^3$ , док је спољашњи притисак  $p = 1013mbar$ . Занемарити промену густине и специфичне топлотне капацитивности гвожђа услед промене температуре. (20 п.)

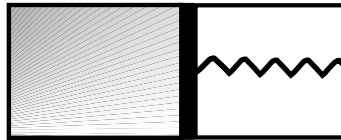
Константе:

убрзање земљине теже  $g = 9.81m/s^2$

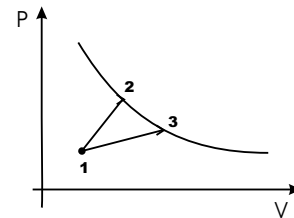
универзална гасна  $R = 8.314J/molK$



Слика 1



Слика 2

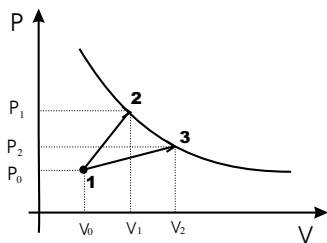


Слика 3

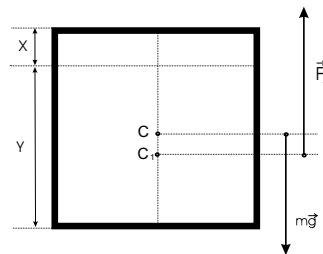
Задатке припремила: Зорица Пајовић  
Рецензент: др Горан Попарић  
Председник комисије: др Мићо Митровић

**Решења задатака за регионално такмичење из физике ученика средњих школа  
школске 2003/2004. год.  
II разред**

- Притисак  $p = 101325 Pa$  и запремина  $V_0$  у оба дела цеви када је она хоризонтална. Када је цев вертикалан  $p_g$  и  $V_g$  притисак и запремина ваздуха изнад живиног стуба и  $p_d$  и  $V_d$  испод живиног стуба. Пошто нас интересује померај живе непосредно по њеном заустављању, то значи да су процеси сабијања ваздуха и експанзије били адијабат ски процеси:  $pV_0^\gamma = p_dV_d^\gamma$ ,  $pV_0^\gamma = p_gV_g^\gamma$  (4). Живин стуб мирује па значи да је:  $p_d = p_g + \rho gh$  (3). Пошто се дужина стуба при окретању цеви није променила, значи да су се запремине  $V_g$  и  $V_d$  промениле за исто  $\Delta V$ :  $V_d = V_0 - \Delta V$ ,  $V_g = V_0 + \Delta V$  (3). Комбиновањем једначина добијемо:  $p\left(\frac{V_0}{V_g}\right)^\gamma + \rho gh = p\left(\frac{V_0}{V_d}\right)^\gamma$  (2). Уведемо бездимензиону величину  $f = \Delta V/V_0$  па је  $\frac{\rho gh}{p} = \frac{1}{(1-f)^\gamma} - \frac{1}{(1+f)^\gamma}$  (2). Уз коришћење апроксимације из задатка добијемо:  $\frac{\rho gh}{p} = 1 + \gamma f - (1 - \gamma f) = 2\gamma f \implies f = \frac{\rho gh}{2\gamma p}$  (2). Пошто је  $f = \Delta V/V_0 = \Delta l/l_0$  (2)  $\implies \Delta l = fl_0 = \frac{\rho gh}{2\gamma p}l_0 = 2.12cm$  (2).
- $T_1$  почетна температура гаса,  $T_2$  температура гаса када му се преда количина топлоте  $\Delta Q$ . Сва топлота иде на промену унутрашње енергије система  $\Delta Q = \Delta U$  (3).  $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$ ,  $\Delta U_1 = (3/2)R(T_2 - T_1)$  (3) унутрашња енергија гаса,  $\Delta U_2 = (1/2)k(x_2^2 - x_1^2)$  (3) унутрашња енергија промене потенцијалне енергије ( $k$  коефицијент еластичности опруге,  $x_1$  и  $x_2$  положаји левог краја опруге при  $T_1$ , односно  $T_2$ ). Након заустављања клипа, на удаљености  $x$  од левог краја суда, услов равнотеже клипа и једначина стања гаса дају:  
 $kx = pS$  (3),  $pSx = RT$  (3)  $\implies x^2 = \frac{RT}{k} \implies \Delta U_2 = (1/2)R(T_2 - T_1)$  (2).  
Топлотни капацитет:  $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = 2R$  (3).
- Процес 1  $\rightarrow$  2 (слика 1): количина топлоте  $\Delta Q_1 = \Delta U_1 + A_1$ ,  $A_1 = 1/2(p_0 + p_1)(V_1 - V_0)$  (5). Процес 1  $\rightarrow$  3:  $\Delta Q_2 = \Delta U_2 + A_2$ ,  $A_2 = 1/2(p_0 + p_2)(V_2 - V_0)$  (5). Пошто су коначне температуре гаса у стањима 2 и 3 једнаке  $\Delta U_1 = \Delta U_2$  (3). Значи треба упоредити радове:  $A_2 - A_1 = 1/2[(p_0V_2 - p_0V_1) + (p_1V_0 - p_2V_0)] > 0$  јер је  $p_0V_1 < p_0V_2$  и  $p_2V_0 < p_1V_0$  (4). Значи  $\Delta Q_2 > \Delta Q_1$  тј. у процесу 1  $\rightarrow$  3 гасу се преда више топлоте (3).
- Услед дејства силе теже  $m\vec{g}$  коцка ће се потопити за  $y$ , при чему није потребно деловати спољашњом силом, нити улагати било какав рад (слика 2). При овоме се успостави равнотежа силе теже  $m\vec{g}$  и Архимедове силе  $\vec{F}_A$ , па је  $mg = \rho_0gV_1$  (4), где је  $V_1 = a^2y$  (2). Одавде се добије  $y = \frac{m}{\rho_0a^2} = \frac{\rho a^3}{\rho_0a^2} = 0.8a$  (3). Остали део коцке, висине  $x = a - y = 0.2a$  мора се потопити услед деловања вертикалне силе  $\vec{F}$ , чији се интензитет повећава линеарно са дужином потапања  $h$  (3). Интензитет силе  $\vec{F}_m$  при потпуном потапању коцке:  $\vec{F}_m = \rho_0gV_2 = \rho_0ga^2x$  (4). Рад ове силе је:  $A = \langle F \rangle x = \frac{F_m}{2}x = \frac{\rho_0ga^2x}{2}x = 0.313J$ . (4)
- Запремина истопљеног леда је:  $V_1 = R^2\pi h + 2/3R^3\pi$ . (4)  
Количина топлоте потребна за његово топљење је:  $Q_1 = m_1\lambda = \rho_1V_1\lambda = \rho_1(R^2\pi h + 2/3R^3\pi)\lambda$ . (5)  
Кугла у овом процесу ода количину топлоте:  $Q_2 = m_2c(T_k - T_1) = \rho_2V_2cT_k$ , где је  $V_2 = 4/3R^3\pi$ . (5)  
Пошто је:  $Q_1 = Q_2 \implies h = \frac{2R(2\rho_2cT_k - \rho_1\lambda)}{3\rho_1\lambda} = 1,9cm$ . (6)



Слика 1



Слика 2