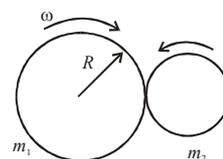


ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ
Задаци за окружно такмичење ученика средњих школа

11. март 2006.

II разред

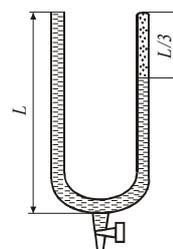
1. Посматрајмо два танка прстена различитих полупречника. Један од њих, полупречника $R = 1 \text{ m}$, ротира угаоном брзином $\omega = 3 \text{ rad/s}$ око централне осе, нормалне на раван прстена, док други мирује. Прстенови се приљубљују један уз други тако да им осе ротације буду паралелне (види слику). Одредити који део енергије овог система прелази у топлоту због проклизавања, ако се претпостави да је сила трења између прстенова константна? Масе прстенова су $m_1 = 2 \text{ kg}$ и $m_2 = 1 \text{ kg}$. (20 п)



2. При повећању температуре идеалног гаса за $\Delta T_1 = 150 \text{ K}$ средња квадратна брзина његових молекула порасла је са $v_{sk1} = 400 \text{ m/s}$ на $v_{sk2} = 500 \text{ m/s}$. За колико степени треба загрејати исти тај гас да би се средња квадратна брзина његових молекула повећала са $v_{sk3} = 500 \text{ m/s}$ на $v_{sk4} = 600 \text{ m/s}$? (15 п)

3. Два мола идеалног једноатомског гаса налазе се на температури T_1 . Гас се од стања 1 до стања 2 шири изотермски, при чему је запремина $V_2 = 5V_1$. Затим се од стања 2 до стања 3 загрева изохорски, све док притисак p_3 не буде једнак почетном притиску p_1 . У току читавог процеса гас је примио количину топлоте $Q = 35,79 \text{ kJ}$, а у току процеса 1-2 количину топлоте $Q_{12} = 7,573 \text{ kJ}$. а) Нацртајте pV дијаграм овог процеса и израчунајте почетну температуру T_1 гаса. б) Израчунајте укупну промену унутрашње енергије у овом процесу, од стања 1 до стања 3. $R = 8,3 \text{ J/(mol K)}$ (МФ 92.2.2) (20 п)

4. U – цев дужине $2L$ ($L = 1 \text{ m}$) напуњена је течношћу тако да у њеној затвореној грани остане ваздух. Ниво течности у отвореној грани поклапа се са крајем цеви. Разлика између нивоа је $L/3$ (види слику). Колики део течности треба испустити из цеви, да би нивои течности у обе гране били исти? Притисак паре течности занемарити. Густина течности у цеви износи $\rho = 10^4 \text{ kg/m}^3$ а атмосферски притисак износи $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$. Димензије заобљеног дела цеви занемарити. $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. (20 п)



5. На дну суда, чија је површина попречног пресека $S_1 = 10 \text{ cm}^2$, налази се отвор површине попречног пресека $S_2 = 1 \text{ cm}^2$. У посуду је усута вода до висине $H = 1 \text{ m}$. За колико времена ће сва вода истећи из посуде? $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. (25 п)

Задатке припремио: др Драган Маркушев,
Институт за физику, Београд-Земун
Рецензент: др Мићо Митровић,
Физички факултет, Београд
Председник Комисије за такмичење: др Мићо Митровић,
Физички факултет, Београд

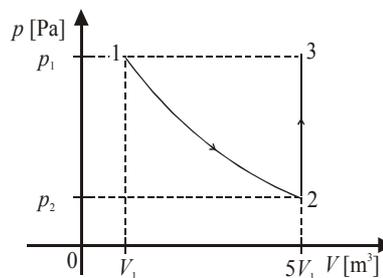
Решења задатака за окружно такмичење ученика средњих школа, 2006.г.

II разред

1. Оба прстена ће почети да се крећу један у односу на други без проклизавања када им линијске брзине v_1 и v_2 постану једнаке, тј. када буде $v_1 = v_2$ (2п). Закон динамике ротације за прстенове: $M_1 = F_{t1}R_1 = I_1 \Delta\omega/\Delta t$ (1п) $M_1 = m_1R_1^2(\omega_0 - \omega_1)/\Delta t = (m_1R_1^2\omega_0 - m_1R_1v_1)/\Delta t$ (3п), $F_{t2}R_2 = I_2 \Delta\omega_2/\Delta t = m_2R_2^2\omega_2/\Delta t = m_2R_2v_2/\Delta t$ (3п). $F_{t1} = F_{t2}$ (1п). $v_1 = m_1R_1\omega_0/(m_1 + m_2)$ (4п). Q је једнака промени кинетичке енергије система $Q = \Delta E_k = m_1R_1^2\omega_0^2/2 - m_1v_1^2/2 - m_2v_2^2/2$ (3п). $Q = m_1R_1^2\omega_0^2/2 - (m_1 + m_2)v_1^2/2 = m_1m_2R_1^2\omega_0^2/2(m_1 + m_2)$ (2п), $Q = 3 \text{ J}$ (1п).

2. Температура идеалног гаса (T) пропорционална је средњој кинетичкој енергији молекула \bar{E}_k , а самим тим и квадрату средње квадратне брзине молекула v_{sk}^2 , тј. $3kT/2 = \bar{E}_k = mv_{sk}^2/2$ (2п) $T_i = mv_{sk}^2/3k$, $i = 1,2,3,4$ (3п). $\Delta T_1 = m(v_{sk2}^2 - v_{sk1}^2)/3k$, $\Delta T_2 = m(v_{sk4}^2 - v_{sk3}^2)/3k$ (3п). $\Delta T_2 = (v_{sk4}^2 - v_{sk3}^2)\Delta T_1/(v_{sk2}^2 - v_{sk1}^2)$ (5п), $\Delta T_2 = 183,3 \text{ K}$ (2п).

3. а) Тражени дијаграм дат је на слици (3п). Процес 1-2 је изотермски, па је $T_1=T_2$ и $p_1V_1=p_2V_2$ тј. $p_1=5p_2$ (2п). Укупна количина топлоте предата гасу током процеса је $Q=Q_{12}+Q_{23}$ (2п), одакле је $Q_{23}=Q-Q_{12}=28217 \text{ J}$ (2п). Током процеса 2-3 сва количина топлоте троши се на промену унутрашње енергије гаса ($A=0$) (1п): $Q_{23}=nC_v(T_3-T_2)$ (2п). За овај део процеса важи $p_2/p_3=T_2/T_3$, или $(p_3=p_1=5p_2)$ $p_2/5p_2=T_1/T_3$, тј. $T_3=5T_1$ (2п). Сада је $Q_{23}=12RT_1$ (2п) па је $T_1=Q_{23}/12R=283,3 \text{ K}$ (2п). б) Укупна промена унутрашње енергије $\Delta U=Q_{23}$ јер је у процесу 1-2 промена унутрашње енергије једнака нули (2п).



4. Пре испуштања течности притисак гаса у затвореном делу цеви износи $p_g=p_0+\rho gL/3$, $V_g=LS/3$ (2п). Ако са x означимо висину ваздушног стуба после испуштања течности, онда је $(p_0+\rho gL/3)(LS/3)=p_0xS$ (5п), одакле је $x=[1+\rho gL/(3p_0)](L/3)=0,44\text{m}$ (5п). Однос маса течности која је истекла (m_1) и масе течности пре испуштања из цеви (m) може се израчунати као $(m_1/m)=V_1/V=(2x-L/3)/(2L-L/3)=(1/5)[1+2(\rho gL/3)/p_0]$ (6п), $(m_1/m) \sim 0,33$ тј. $\sim 33\%$ течности треба испустити да би њени нивои у обе гране цеви били исти (2п).

5. Нека су, у тренутку када је ниво воде у посуди био h , брзине спуштања нивоа воде и брзина истицања воде кроз отвор на посуди v_1 и v_2 . Сагласно Бернулијевој једначини, и једначини континуитета, имамо $p_0+\rho gh+\rho v_1^2/2=p_0+\rho v_2^2/2$, $S_1v_1=S_2v_2$ (5п). Из ових једначина се добија тренутна брзина спуштања нивоа воде: $v_1=\{2gh/[(S_1/S_2)^2-1]\}^{1/2}$ (4п). Ако ставимо да је $h=H-s$ (2п) добијамо $v_1=\{2gH/[(S_1/S_2)^2-1]-(2gs/[(S_1/S_2)^2-1])\}^{1/2}$ (3п) где је s пређени пут нивоа течности до тренутка када ниво воде буде на висини h изнад дна посуде. Видимо да се спуштање нивоа воде у посуди може описати једначином једнакоуспореног кретања општег облика $v_1=\{v_0^2-2as\}^{1/2}$ (2п), где би почетна брзина била $v_0=\{2gH/[(S_1/S_2)^2-1]\}^{1/2}$ (2п) а успорење $a=g/[(S_1/S_2)^2-1]$ (2п). Време истицања воде одговара времену заустављања, па је $T=v_0/a=4,49\text{s}$ (5п).