

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Задаци за општинско такмичење ученика средњих школа

4. фебруар 2006.

II разред

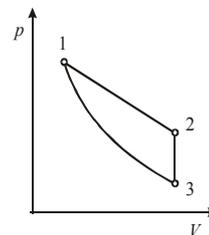
1. Посуда са хелијумом, константне запремине, при температури $t_1 = -3\text{ }^\circ\text{C}$ и притиску $p_1 = 6,5 \times 10^6\text{ Pa}$ има масу $m_1 = 21\text{ kg}$, а на истој температури и притиску $p_2 = 2 \times 10^6\text{ Pa}$ има масу $m_2 = 20\text{ kg}$. Израчунати масу хелијума у посуди на притиску $p = 1,5 \times 10^7\text{ Pa}$ и температури $t = 27\text{ }^\circ\text{C}$. (15 п)

2. У затвореном делу цилиндра налазе се три клипа (види слику) који деле гас у цилиндру на четири једнака дела, на истој температури $T_1 = 600\text{ K}$, у којима су параметри стања: 1) $p_1 = 2 \times 10^5\text{ Pa}$, $V_1 = 2\text{ l}$; 2) $p_2 = 0,5 p_1$, $V_2 = 2 V_1$; 3) $p_3 = 2 p_1$, $V_3 = 0,5 V_1$; 4) $p_4 = p_1$, $V_4 = V_1$. У једном тренутку клипови почну да се крећу слободно, без трења, до успостављања стационарног стања, после чега је температура у свим деловима цилиндра $T_2 = 300\text{ K}$. Колики је тада притисак гаса у појединим деловима цилиндра, и колике су одговарајуће запремине гаса? (25 п)



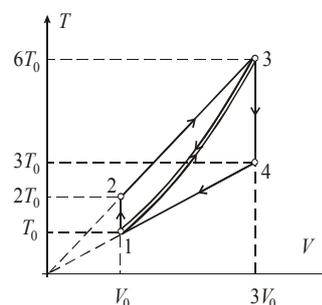
3. У вертикално постављеном цилиндру глатких зидова, чија је површина попречног пресека $S = 9,81 \times 10^{-5}\text{ m}^2$, испод клипа масе $m_1 = 4\text{ kg}$, налази се ваздух на температури $T_1 = 400\text{ K}$. Када на клип ставимо тег масе $m_2 = 6\text{ kg}$ растојање клипа од дна цилиндра се смањи $n = 2$ пута. За колико степени се повећала температура ваздуха у цилиндру? Атмосферски притисак износи $p_0 = 10^5\text{ Pa}$. $g = 9,81\text{ m/s}^2$. (15 п)

4. Један мол хелијума у затвореном циклусу (види слику) изврши рад од $A = 2026\text{ J}$. Циклус се састоји из процеса 1 – 2 при коме је притисак линеарна функција запремине, изохоре 2 – 3 и процеса 3 – 1 при коме је топлотни капацитет гаса константан. Израчунајте тај топлотни капацитет гаса, знајући да је $T_1 = T_2 = 2T_3 = 100\text{ K}$, а $V_2/V_1 = \alpha = 8$. $R = 8,3\text{ J/(mol K)}$. (МФ77.2.4) (20 п)



5. На слици су приказана два затворена циклуса: 1 – 2 – 3 – 1 и 1 – 3 – 4 – 1. У оба циклуса радно тело је идеалан једноатомски гас. Знајући да за процес 3 – 1 важи $T \sim V^2$, приказати ове циклусе на pV дијаграму. Одредити однос коефицијената корисног дејства другог и првог циклуса. (25 п)

(25 п)



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

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

II разред

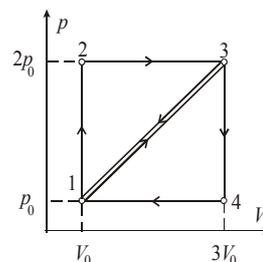
1. Из једначине стања: $p_1V=(m_1-m_b)RT_1/M$, $p_2V=(m_2-m_b)RT_1/M$, $pV=mRT/M$ (6п), где је m_b маса посуде, налазимо $(p_1-p_2)V=(m_1-m_2)RT_1/M$ (4п), па је тражена маса хелијума у посуди $m=[(m_1 - m_2)/(p_1 - p_2)](pT_1/ T)$ (3п). Заменом бројних вредности $m = 3 \text{ kg}$ (2п).

2. Клипови ће се кретати док се не изједначе притисци у свим деловима цилиндра. Ако је новонастали притисак p , онда је $p_1V_1/T_1=pV_1'/T_2$, $p_2V_2/T_1=pV_2'/T_2$, $p_3V_3/T_1=pV_3'/T_2$, $p_4V_4/T_1=pV_4'/T_2$ (5п), при чему је $V_1+V_2+V_3+V_4=V_1'+V_2'+V_3'+V_4'$ (5п). Решавањем овог система једначина добијамо: $p=k(T_2/T_1)\sim 3,56\times 10^5 \text{ Pa}$ (5п) и да је $V_1' = (1/k)p_1V_1 \sim 2,25 \text{ l}$, $V_2' = (1/k)p_2V_2 \sim 2,25 \text{ l}$, $V_3' = (1/k)p_3V_3 \sim 2,25 \text{ l}$, $V_4'=(1/k)p_4V_4\sim 2,25 \text{ l}$ (5п) где је константа $k=(p_1V_1+ p_2V_2+ p_3V_3+ p_4V_4)/(V_1+V_2+V_3+V_4)=4p_1/4,5\sim 0,89p_1=1,78\times 10^5 \text{ Pa}$ (5п).

3. На основу једначине стања идеалног гаса, и чињенице да увек имамо исту количину гаса, можемо да пишемо да је $(p_0+m_1g/S)V/T_1=[p_0+(m_1+m_2)g/S]V/nT_2$ (6п). Одавде је $T_2=T_1[p_0+(m_1+m_2)g/S]/[n(p_0+m_1g/S)]$ (4п). Разлика температура износи $\Delta T=T_2-T_1$, или коришћењем претходне једначине $\Delta T=T_1[m_2g/S-(n-1)(p_0+m_1g/S)]/[n(p_0+m_1g/S)]$ (3п). Заменом бројних вредности добијамо да је $\Delta T = 40 \text{ K}$ (2п).

4. Рад гаса при ширењу (1-2) је, уз услове задатка, $A_{12}=(p_1+p_2)(V_2-V_1)/2$, (4п) што, коришћењем једначине стања идеалног гаса, даје $A_{12}=RT_1(\alpha^2-1)/2\alpha$, (4п). Рад извршен при процесу сабијања са константним топлотним капацитетом C , на основу закона о одржању енергије, је $A_{31}=Q-\Delta U=C(T_1-T_3)-C_V(T_1-T_3)=(C-C_V)(T_1-T_3)$ (4п). Укупан рад у једном циклусу биће једнак $A = A_{12} + A_{31}$, (2п), па је $C = C_V + \{A-[RT_1(\alpha^2-1)/2\alpha]\}/(T_1-T_3)$ (4п), што заменом бројних вредности на крају даје $-12,4 \text{ J/K}$ (2п).

5. Тражени циклуси приказани су на слици (2п) (за 3 – 1 важи важи $V^2 \sim T=pV/nR$, $p \sim V$) (2п). Ако је p_0 притисак у стању 1, онда је: $p_0V_0 = nRT_0$, $p_2V_0 = nR2T_0$, $p_33V_0 = nR6T_0$, $p_43V_0 = nR3T_0$, (1п) па је $p_2 = p_0$, $p_3 = 2p_0$, $p_4 = p_0$ (2п). За једноатомски гас је $C_V = 3R/2$, $C_p = 5R/2$ (1п). Гас добија топлоту у току изохорског (1-2) и изобарског (2-3) процеса $Q_1 = nC_V(T_2 - T_1) + nC_p(T_3 - T_2)$ (2п).



$Q_1 = nC_VT_0 + 4nC_{pv}T_0 = 23nRT_0/2$ (2п). Рад (површина троугла 1-2-

3): $A = 2p_0V_0/2 = p_0V_0 = nRT_0$ (3п), па је. $\eta_1=A/Q_1=2/23$ (3п). У другом циклусу (1-3-4-1) гас у процесу 1-3 прима количину топлоте једнаку по апсолутној вредности топлоти коју отпушта у процесу 3-1: $Q_2=Q_{31}=Q_1-A=21nRT_0/2$. (3п) Пошто је извршени рад једнак као у првом циклусу, то је $\eta_2=A/Q_2=2/21$, (2п) односно: $\eta_2/\eta_1=23/21$ (2п).