



II разред

1. Девојка са столицом може да ротира око вертикалне осе. Укупан момент импулса око вертикалне осе пре ротације равни точка је нула (**3 поена**). Након ротације равни точка, по закону одржања момента импулса дуж вертикалне осе имамо да укупан момент импулса мора бити исти као и пре ротације равни точка, тј. нула. Закон одржања момента импулса дуж вертикалне осе изгледа као $\frac{I_0\omega_0}{\sqrt{2}} + I\omega = 0$ (**10 поена**). Одавде следи да је $\omega = -\frac{I_0\omega_0}{\sqrt{2}}I$ (**3 поена**). Знак "-" нам каже да точак и девојка са столицом ротирају у супротним смеровима дуж вертикалне осе (**4 поена**).

2. Нека се гас пре загревања налазио у стању "0" одређеном параметрима $(P_0, V_0 = S \cdot h_0, T_0)$. Како би нит била опуштена клип се мора налазити на висини h_0 мањој (гранично може бити једнака) од дужине нити L , $h_0 \leq L$ (**3 поена**). Услов равнотеже клипа гласи $0 = P_0S - P_aS - mg$ (**1 поен**), а једначина стања гаса гласи $P_0Sh_0 = nRT_0$ (**1 поен**). Из ових једначина следи услов који маса клипа мора да задовољи $m \geq \frac{nRT_0}{gL} - \frac{P_aS}{g}$ (**2 поена**).

Из једначине гасног стања за стање "0" може се одредити притисак гаса $P_0 = \frac{4}{3} \frac{nRT_0}{SL}$, док је запремина гаса $V_0 = \frac{3}{4}SL$. Гас се прво загрева изобарски док клип не достигне висину $h_1 = L$, а нит почне да се затеже. Током овог процеса притисак гаса је $P = P_0 = const.$ те важи $\frac{V_0}{V_1} = \frac{nRT_0}{nRT_1}$ односно $T_1 = \frac{4}{3}T_0$ (**2 поена**). Параметри овог стања "1" су $(P_1 = P_0, V_1 = \frac{4}{3}V_0, T_1 = \frac{4}{3}T_0)$. Након што нит почне да се затеже, а пре пуцања нити, гас се загрева изохорски те важи $V = V_1 = const.$ Притисак P_2 до ког се гас загреје одређен је максималном силом затезања нити F_{max} путем услова равнотеже клипа у крајњем стању $P_2 = P_0 + \frac{F_{max}}{S}$ (**3 поена**). Како важи $\frac{P_2}{P_1} = \frac{nRT_2}{nRT_1}$ следи да је $T_2 = \frac{4}{3}T_0(1 + \frac{F_{max}}{SP_0})$, односно $T_2 = \frac{4}{3}T_0 + \frac{F_{max}L}{nR}$ (**2 поена**). Коначно, параметри крајњег стања "2" су $(P_2 = P_0 + \frac{F_{max}}{S}, V_2 = \frac{4}{3}V_0, T_2 = \frac{4}{3}T_0 + \frac{F_{max}L}{nR})$. Процес је приказан на $P - V$ дијаграму. Напомена: Како би процес био приказан на $P - V$ дијаграму, потребно је одредити само притиске и запремине одговарајућих стања. $P - V$ дијаграм носи (**1 поен**).

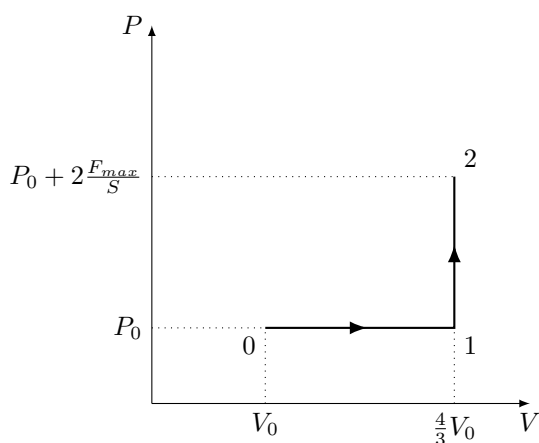
Током изобарског процеса гас је примио топлоту $Q_1 = \frac{5}{2}nR(T_1 - T_0) = \frac{5}{6}nRT_0$ (**2 поена**), а током изохорског процеса примио је количину топлоте $Q_2 = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}LF_{max}$ (**2 поена**). Гас је током читавог процеса примио укупну количину топлоте $Q = Q_1 + Q_2 = \frac{5}{6}nRT_0 + \frac{3}{2}LF_{max}$ (**1 поен**).

3. Пошто за адијабатски процес важи $TV^{\gamma-1} = const.$, следи да мора да важи $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$. Из овога директно следи релација $(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_1}$ (**5 поена**). Уврштавањем нумеричких вредности, добијамо да мора да важи $27^{\gamma-1} = 3$. Следи да је $\gamma = \frac{4}{3}$ (**7 поена**). Пошто је $\gamma = \frac{C_V + R}{C_V}$, следи да је $C_V = 3R = \frac{5}{2}R$. Број степени слободе је $i = 6$ што важи за све тро и више атомске молекуле који немају линијску структуру (**4 поена**). Пошто CO_2 има линијску структуру (**2 поена**), радни гасови који могу да учествују у овом процесу су H_2O (**1 поен**) и CH_4 (**1 поен**).

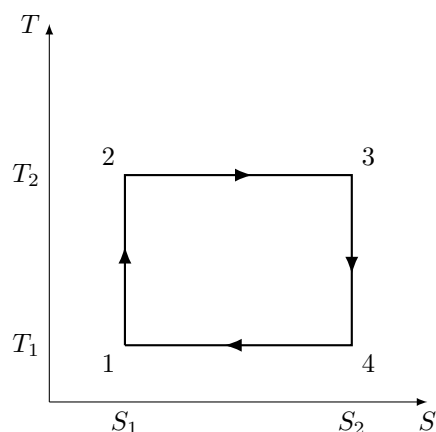
4. Како хелијум не врши никакав рад при адијабатском ширењу у вакуум у десној половини коморе, његова унутрашња енергија остаје константна, па му се температура не мења. Дакле, након успостављања равнотеже, у обе половине ће се налазити гас на истој температури $t = 50^\circ C$ као на почетку (**4 поена**). У левој половини ће се налазити $n = 2mol$ гасне смесе, а у десној $n = 1mol$ хелијума (**2 поена**). Једначине стања у два дела коморе су дакле, $\frac{1}{2}p_lV = \frac{2}{3}nRT$ и $\frac{1}{2}p_dV = \frac{1}{3}nRT$ (**4 поена**). Сила којом гас делује на мембрану је $F = S(p_1 - p_2)$, то јест $F = \frac{2SnRT}{3V}$ (**4 поена**). Заменом вредности, добијамо $p_l \approx 107.5kPa$, $p_d \approx 53.7kPa$, и $F \approx 5373.3N$ (**3 поена**).

Након уклањања мембране, кисеоник се шири адијабатски, и, као и при ширењу хелијума у вакуум, не врши никакав рад. Из тог разлога, унутрашња енергија (и, дакле, температура) му остаје иста, па није потребно загревати нити хладити комору да би се одржала константна температура (**3 поена**).

5. Да би циклус радио као топлотна машина, он мора бити усмерен као на слици (**5 поена**). Процеси 1 – 2 и 3 – 4 су адијабатски (**2 поена**), док су процеси 2 – 3 и 4 – 1 изотермски (то јест, у питању је Карноов циклус) (**2 поена**). Површина обухваћена циклусом на $T-S$ дијаграму је $A = \Delta S \Delta T$, где је $\Delta S = S_4 - S_1$ а $\Delta T = T_2 - T_1$. Преписивањем добијамо $A = \Delta ST_2 - \Delta ST_1$. Први члан, $Q_2 = \Delta ST_2$, је топлота предата систему током изотермског процеса 2 – 3, док је други члан, $Q_1 = \Delta ST_1$, топлота отпуштена током изотермског процеса 4 – 1, тако да је површина $A = Q_2 - Q_1$ једнака раду извршеном током циклуса (**5 поена**). Коефицијент корисног дејства је $\eta = A/Q_2 = (T_2 - T_1)/T_2$ (**6 поена**).



Слика 1: $P - V$ дијаграм уз задатак 2.



Слика 2: $T - S$ дијаграм уз задатак 5.