

XXXIX OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP III

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T2

Nazwa zadania: „Przemiana izobaryczna i izochoryczna gazu doskonałego”

$n = 0,44$ mola pewnego gazu doskonałego o temperaturze $t = 3,8$ °C poddano przemianie izobarycznej a następnie izochorycznej. W wyniku tych przemian gaz oddał $Q_1 = 101,3$ J ciepła a jego energia wewnętrzna wzrosła o $\Delta U = 506,5$ J. Identyczny stan końcowy gazu można było by również osiągnąć poddając go najpierw przemianie izochorycznej a potem izobarycznej. Wtedy gaz oddałby $Q_2 = 1317$ J ciepła. Wiedząc, że gazem poddanym przemianom był hel lub azot określ, o który z nich chodzi.

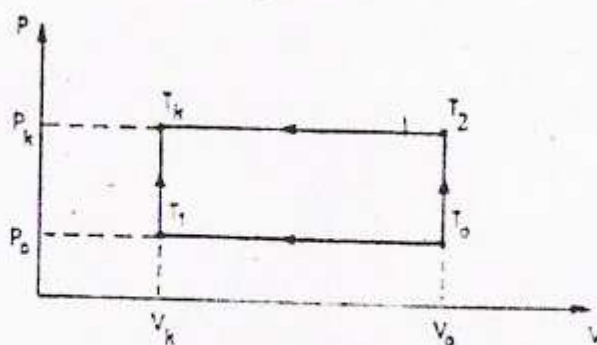
Wartość stałej gazowej wynosi $R = 8,314$ J·mol⁻¹·K⁻¹.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T2

Korzystając z I zasady termodynamiki obliczamy pracę L_1 jaką wykonano nad gazem poddając go przemianie izobarycznej, a następnie izochorycznej ($T_0 - T_1 - T_k$) oraz pracę L_2 jaką należałoby wykonać nad gazem poddając go najpierw przemianie izochorycznej, a potem izobarycznej ($T_0 - T_2 - T_k$) (ryc.2)

$$L_1 = \Delta U + Q_1$$

$$L_2 = \Delta U + Q_2 \quad (1)$$



Ryc. 2

Podstawiając dane zawarte w treści zadania otrzymujemy $L_1 = 607,8$ J i $L_2 = 1323,4$ J. Ponieważ zachodzą równości

$$L_1 = -p_0(V_k - V_0)$$

$$L_2 = -p_k(V_k - V_0) \quad (2)$$

mamy

$$\gamma = p_k / p_0 = L_2 / L_1 = 3 \quad (3)$$

Przyrost energii wewnętrznej gazu doskonałego wyraża się wzorem

$$\Delta U = \frac{1}{2} n \kappa R (T_k - T_0) \quad (4)$$

gdzie κ oznacza liczbę stopni swobody cząsteczki gazu oraz $T = t + 273,15$. Z równania (4) otrzymujemy

$$\kappa = 2\Delta U / (nRT_k - nRT_0). \quad (5)$$

korzystając z równania (1), (2), (3) oraz z równania stanu gazu doskonałego, mamy

$$\begin{aligned} \Delta U + Q_1 = L_1 &= -p_0 V_k + p_0 V_0 = \\ &= -\gamma^{-1} p_k V_k + p_0 V_0 = \\ &= -\gamma^{-1} nRT_k + nRT_0 \end{aligned} \quad (6)$$

Z równania (6) wyznaczamy nRT_k i otrzymujemy ostatecznie

$$\kappa = 2\Delta U / [(\gamma - 1)nRT_0 - \gamma(\Delta U + Q_1)] = 5 \quad (7)$$

Gazem poddawany przemianom był dwuatomowy azot, którego cząsteczka ma pięć stopni swobody.