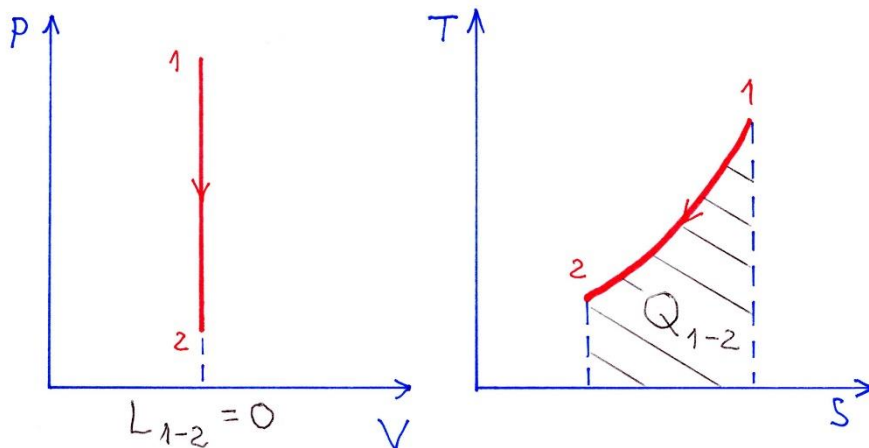


Zbiornik o objętości 4 m^3 zawiera $0,5 \text{ kmol}$ acetyleny C_2H_2 (26) o temperaturze 65°C . Gaz oddał 600 kJ ciepła do otoczenia o temperaturze 20°C . Obliczyć: (a) przyrost ciśnienia w zbiorniku, (b) przyrost energii wewnętrznej gazu, (c) sumę przyrostów entropii układu (gazu) i otoczenia.



DANE

$$V = 4 \text{ m}^3$$

$$n = 0,5 \text{ kmol}$$

$$t_1 = 65^\circ\text{C}$$

$$T_1 = t_1 + 273,15 = 65 + 273,15 = 338,15 \text{ K}$$

$$T_{ot} = t_{ot} + 273,15 = 20 + 273,15 = 293,15 \text{ K}$$

$$Q_{1-2} = -600 \text{ kJ}$$

ROZWIĄZANIE

Ilość kg acetyleny

$$m = nM = 0,5 \cdot 26 = 13 \text{ [kg]}$$

Indywidualna stała gazowa acetyleny

$$R = \frac{(MR)}{M} = \frac{8314}{26} = 319,77 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] \quad \left[\frac{\frac{J}{kmol \cdot K}}{\frac{kg}{kmol}} = \frac{J}{kmol \cdot K} \cdot \frac{kmol}{kg} = \frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

Ciepło właściwe przy stałej objętości acetyleny

$$c_v = \frac{1}{2} f R = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 319,77 = 959,31 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

Początkowe ciśnienie acetyleny

$$p_1 = \frac{mRT_1}{V} = \frac{13 \cdot 319,77 \cdot 338,77}{4} = 3,514 \cdot 10^5 [Pa]$$

Ciepło oddane przez acetylen

$$Q_{1-2} = mc_v (T_2 - T_1)$$

Temperatura końcowa acetyleny

$$T_2 = T_1 + \frac{Q_{1-2}}{mc_v} = 338,15 + \frac{-600 \cdot 10^3}{13 \cdot 959,31} = 290,04 [K] \quad - \text{ciepło oddane, podstawiamy wartość ujemną}$$

Końcowe ciśnienie acetyleny obliczamy z termicznego równania stanu

$$p_2 = \frac{mRT_2}{V} = \frac{13 \cdot 319,77 \cdot 290,04}{4} = 3,014 \cdot 10^5 [Pa]$$

lub z równania izochory

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{290,04}{338,15} \cdot 3,514 \cdot 10^5 = 3,014 \cdot 10^5 [Pa]$$

Przyrost ciśnienia

$$\Delta p_{1-2} = p_2 - p_1 = 3,014 \cdot 10^5 - 3,514 \cdot 10^5 = -0,5 \cdot 10^5 [Pa]$$

Pierwsza zasada termodynamiki

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + L_{1-2}$$

$$L_{1-2} = 0$$

Przyrost energii wewnętrznej

$$\Delta U_{1-2} = Q_{1-2} = -600 \text{ kJ}$$

Przyrost entropii gazu

$$\Delta s_{1-2} = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \quad - \text{ ten wzór jest słuszny dla dowolnej przemiany gazu doskonałego}$$

$$\Delta s_{1-2} = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v}{v} = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} \quad - \text{ ten wzór jest słuszny tylko dla przemiany izochorycznej gazu doskonałego, gdyż uwzględniono w nim, że } v_2 = v_1$$

$$\Delta s_{1-2} = 959,31 \cdot \ln \left(\frac{290,4}{338,15} \right) = -146,036 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$\Delta S_{1-2} = m \Delta s_{1-2} = 13 \cdot (-146,036) = -1898 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$$

Przyrost entropii otoczenia

$$\Delta S_{ot} = \frac{Q_{1-2}}{T_{ot}} = \frac{600 \cdot 10^3}{293,15} = 2047 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$$

Suma przyrostów entropii układu i otoczenia

$$\Pi_{1-2} = \Delta S_{1-2} + \Delta S_{ot} = -1898 + 2047 = 149 \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$$

$\Pi_{1-2} > 0$ - przemiana jest nieodwracalna

Przyczyną nieodwracalności jest wymiana ciepła przy skończonej różnicy temperatur.