

- Na planecie X, żyją bakterie, które w procesie fermentacji wytwarzają etanol z pospolitych na tej planecie diamentów, zgodnie z reakcją: $2C(\text{diament}) + 3H_2O(\text{g}) \rightarrow C_2H_5OH(\text{g}) + O_2(\text{g})$. Proces odbywa się pod stałym ciśnieniem ok. 5 barów i w stałej temperaturze 500 K. Obliczyć energię wydzielaną (dostarczaną?) na sposób ciepła podczas produkcji 1 tony etanolu, zakładając stechiometryczny stosunek substratów i całkowite ich przereagowanie.
- 3,00 mole gazowego PCl_5 znajdującego się w warunkach $T_1=330,0$ K, $p_1 = 1,00$ atm, poddano dwuetapowej przemianie: a) sprężono adiabatycznie i odwracalnie do temperatury $T_2 = 350,0$ K, b) następnie rozprężono izotermicznie przy stałym ciśnieniu zewnętrznym $p_2 = 0,10$ atm. Obliczyć zmianę energii wewnętrznej dla całego procesu.
- Stalowe naczynie o stałej objętości wypełniono całkowicie wodą w temperaturze 298,0 K pod ciśnieniem $p_1 = 1,00$ bar. Do jakiej temperatury należy je ogrzać aby ciśnienie w naczyniu wzrosło do 300 barów?
- W naczyniu zawierającym tylko lód, 20,0 g lodu ogrzano od temperatury 0,0 °C do 120,0 °C. W tym czasie ciśnienie wzrosło od 1,00 do 1,50 bara. Scharakteryzować (jakościowo) zachodzące procesy i obliczyć zmianę entropii. W jakiej postaci będzie woda w stanie końcowym? Odpowiedź uzasadnić obliczeniami.

$$1. \Delta H^\circ(298) = -2 \cdot 1.9 + 3 \cdot 241.83 - 234.8 = 486.9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta a = -6.117 - 3 \cdot 28.44 + 9.01 + 27.33 = -61.27 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta b = 176.9 \cdot 10^3 \text{ J/mol}\cdot\text{K}^2; \Delta c = -83.9 \cdot 10^6 \text{ J/mol}\cdot\text{K}^3$$

$$\Delta H^\circ(500) = \Delta H^\circ(298) + \int_{298}^{500} (\Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c T^2) dT$$

$$\Delta H^\circ(500) = \Delta H^\circ(298) + 10^3 \cdot \left[\Delta a(500-298) + \frac{1}{2} \Delta b(500^2-298^2) + \frac{1}{3} \Delta c(500^3-298^3) \right] = 486,0 \text{ kJ/mol}$$

$$n_{C_2H_5OH} = \frac{1 \cdot 10^6 \text{ g}}{46,07 \text{ g/mol}} = 2,17 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

$$\Delta H = n_{C_2H_5OH} \cdot \Delta H^\circ(500) = 10,55 \text{ GJ}$$

- Powierz dla gazu doskonałego energia wewnętrzna zależy tylko od T , zwłaszcza ma różnica temperatur $T_1 \rightarrow T_2$ (tylko!).

$$\frac{dU}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = \epsilon_V = c_p - nR = n(a + b \cdot T - R) \approx n[(a-R) + b \cdot T]$$

$$\Delta U = n \int_{T_1}^{T_2} [(a-R) + b \cdot T] dT = n \left[(a-R)(T_2-T_1) + \frac{1}{2} b(T_2^2 - T_1^2) \right]$$

$$\Delta U = 3 \text{ mol} \left[(108,06 - 8,314) \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 20 \text{ K} + \frac{1}{2} \cdot 1197 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}^2} (350^2 - 330^2) \text{ K}^2 \right] = 6,23 \text{ kJ}$$

$$3. \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = \frac{\alpha}{\kappa} \Rightarrow dp = \frac{\alpha}{\kappa} dT \Rightarrow p_2 - p_1 = \frac{\alpha}{\kappa} (T_2 - T_1)$$

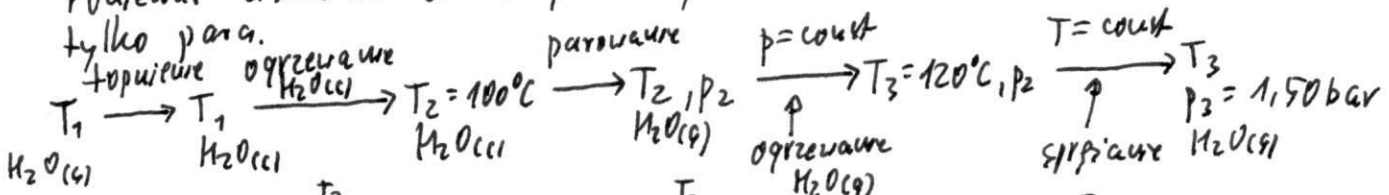
$$T_2 = T_1 + (p_2 - p_1) \frac{\kappa}{\alpha} = 298 \text{ K} + 299 \text{ bar} \frac{4,52 \cdot 10^{-5} \text{ bar}^{-1}}{25,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}} = 340,8 \text{ K}$$

- Najpierw sprawdzamy stan końcowy.

Prężności pary nasyconej w $T = 120^\circ\text{C}$ wynosi:

$$p_{\text{sat}} = \exp\left(A - \frac{B}{T-C}\right) = \left[\exp\left(18,304 - \frac{3816,4}{393,15 - 46,13}\right) \right] \frac{1,01325}{760} = 1,99 \text{ bar}$$

Powierz ciśnienie w naczyniu wynosi 1,50 bar < p_{sat} , w $T = 120^\circ\text{C}$ będzie tylko para.



$$\Delta S = n \left[\frac{\Delta H_{\text{top}}}{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p(\text{H}_2\text{O}(l))}{T} dT + \frac{\Delta H_{\text{par}}}{T_2} + \int_{T_2}^{T_3} \frac{C_p(\text{H}_2\text{O}(g))}{T} dT - R \ln \frac{p_3}{p_2} \right]$$

$$\Delta S = n \left[\frac{\Delta H_{\text{top}}}{T_1} + a_{\text{H}_2\text{O}(l)} \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{\Delta H_{\text{par}}}{T_2} + a_{\text{H}_2\text{O}(g)} \ln \frac{T_3}{T_2} + b_{\text{H}_2\text{O}(g)} (T_3 - T_2) - R \ln \frac{p_3}{p_2} \right]$$

$$\Delta S = \frac{20 \text{ g}}{18,02 \text{ g/mol}} \left[\frac{6,008 \cdot 10^3 \text{ J/mol}}{273,2 \text{ K}} + 75,3 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \ln \frac{373,2}{273,2} + \frac{40,66 \cdot 10^3 \text{ J/mol}}{373,2 \text{ K}} + 28,44 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \ln \frac{393,2}{373,2} + \right.$$

$$\left. + 14,19 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}^2} \cdot 20 \text{ K} - 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot \ln \frac{1,50}{1,01325} \right] = 170 \text{ J/K}$$