

8

8. ChF1 - 1 kol (2), 12 pkt, 4.12.19

5. W warunkach izobarycznych ($p = 1,00$ bar) zachodzi reakcja $3Fe_{(s)} + As_2S_{3(s)} \rightarrow 3FeS_{(s)} + 2As_{(s)}$, zapoczątkowana przez zmieszanie po 1,00 kg substratów. Reakcja zakończyła się w chwili wyczerpania jednego z substratów a temperatura podczas procesu wzrosła od 298,0 K do 410,0 K. Obliczyć zmianę entalpii.

6. 1,00 m³ N_{2(g)} sprężono od warunków początkowych $p_1 = 1,00$ bar, $T = 310,0$ K, zmniejszając początkową objętość 100 razy. Butlę ze sprężonym azotem użyto jako napędu do silnika na sprężony gaz. Jaką maksymalną pracę może wykonać taki silnik pracujący w warunkach atmosferycznych, przy stałych parametrach: $T = 310,0$ K, $p = 1,00$ bar.

Wskazówka. Pracą maksymalną (co do bezwzględnej wartości) jest praca odwracalna.

7. Obliczyć ilość energii pochłoniętej na sposób ciepła przez układ podczas sprężania pierwotnie 100,0 cm³ ciekłego 1-propanolu od ciśnienia 1,00 do 450,0 barów w warunkach izotermicznych ($T = 298,0$ K). Proces dokonuje się za pomocą prasy wytwarzającej stałe ciśnienie równe ciśnieniu końcowemu.

8. Na planecie krążącej wokół gwiazdy Proxima Centauri, stwierdzono gęstą atmosferę składającą się głównie z azotu o średnim ciśnieniu na powierzchni równym 1,50 bara i temperaturze 110 K oraz obecność oceanów zawierających ciekły etan. Jaka może być maksymalna zawartość gazowego etanu w atmosferze w procentach objętościowych?

Uwaga. Sytuacja bardzo przypomina Tytan, satelitę Saturna. Występują tam jeziora ciekłego metanu, a średnia temperatura wynosi 94 K przy ciśnieniu 1,5 bar.

1. reakcja sprężawca produktów i nieprereagowanych substratów

Numerujemy kolejno reagenty: 1, 2, 3, 4

$n_1^0 = 17,91 \text{ mol}$, $n_2^0 = 4,065 \text{ mol}$

po reakcji: pozostałe $n_1 = n_1^0 - 3n_2^0 = 5,715 \text{ mol Fe}$

$\Delta H^0(T_0) = 169,0 - 3 \cdot 101,67 = -136,0 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H = n_2^0 \Delta H^0(T_0) + n_2 \int_{T_0}^{T_1} c_{p1} dT + 3n_2^0 \int_{T_0}^{T_1} c_{p2} dT + 2n_2^0 \int_{T_0}^{T_1} c_{p3} dT$

$\Delta H = n_2^0 \Delta H^0(T_0) + n_2 [a_1(T_1 - T_0) + \frac{1}{2} b_1(T_1^2 - T_0^2)] +$

$+ 3n_2^0 a_3(T_1 - T_0) + 2n_2^0 a_4(T_1 - T_0)$

$\Delta H = n_2^0 \Delta H^0(T_0) + (T_1 - T_0) [n_2 a_1 + n_2^0 (3a_3 + 2a_4)] +$

$+ \frac{1}{2} n_2 b_1 (T_1^2 - T_0^2)$

$\Delta H = 4,065 \cdot (-136,0) + 10^{-3} \cdot (410 - 298) \cdot [5,715 \cdot (23,97 +$
 $+ 0,5 \cdot 8,37 \cdot 10^{-3} \cdot (410 + 298))] + 4,065 \cdot (3 \cdot 50,57 + 2 \cdot 24,0)$

$\Delta H = -444,2 \text{ kJ}$

2. Liczenie dl. 100 bar \Rightarrow r-ucc vdlw

$a = \frac{27(RT_k)^2}{64p_k} = \frac{27 \cdot (8,314 \cdot 126,2)^2}{64 \cdot 33,9 \cdot 10^5} = 0,1370 \text{ J} \cdot \text{m}^3 / \text{mol}^2$

$b = \frac{RT_k}{p_k} = \frac{8,314 \cdot 126,2}{33,9 \cdot 10^5} = 3,869 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{mol}$

$n = \frac{p_1 V_1}{RT} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 1}{8,314 \cdot 310} = 38,8 \text{ mol}$

$W = -38,8 \cdot \left[8,314 \cdot 310 \ln \frac{1 - 38,8 \cdot 3,865 \cdot 10^{-5}}{0,01 - 38,8 \cdot 3,865 \cdot 10^{-5}} + 38,8 \cdot 0,1370 \left(-\frac{1}{1} + \frac{1}{0,01} \right) \right] \cdot 10^{-3} = -497 \text{ kJ}$

3. $Q = \Delta U - W$ (Uwaga! $Q \neq T\Delta S$ bo we jest to proces odwracalny)

$\left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T = -T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p - p \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = -TV\alpha + pV\kappa = V(p\kappa - T\alpha)$

$\Delta U = \int_{p_1}^{p_2} V(p\kappa - T\alpha) dp = V \left[\frac{1}{2} \kappa (p_2^2 - p_1^2) - T\alpha (p_2 - p_1) \right] = (p_2 - p_1) V \left[\frac{1}{2} \kappa (p_1 + p_2) - T\alpha \right]$

$\Delta U = 449 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot 451 \text{ bar} \cdot 9,9 \cdot 10^{-5} \text{ bar}^{-1} - 298 \text{ K} \cdot 98 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} \right] \cdot 10^{-3} = -1,211 \text{ kJ}$

Liczmy końcową objętość:

$\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = -\kappa V \Rightarrow \frac{dV}{V} = -\kappa dp \Rightarrow \ln \frac{V_2}{V_1} = -\kappa (p_2 - p_1) \Rightarrow V_2 = V_1 \exp[-\kappa (p_2 - p_1)]$

$V_2 = 100 \text{ cm}^3 \cdot \exp(-9,9 \cdot 10^{-5} \text{ bar}^{-1} \cdot 449 \text{ bar}) = 95,65 \text{ cm}^3$

$dW = -p_2 dV \Rightarrow W = -p_2 (V_2 - V_1) = -450 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot (95,65 - 100) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 10^{-3} = 0,196 \text{ kJ}$

$Q = \Delta U - W = -1,211 - 0,196 = 1,41 \text{ kJ}$

4. Przewidywany udział w objętości nad ciekłym etanem wynosi:

$p_{C_2} = \exp \left(A - \frac{B}{T-C} \right) = \exp \left(15,667 - \frac{1511,4}{110 - 12,16} \right) \frac{1,01325}{760} = 72,0 \cdot 10^{-5} \text{ bar}$

$x_{C_2} = \frac{p_{C_2}}{p} = \frac{72,0 \cdot 10^{-5} \cdot 100\%}{1,5} = 0,048\%$