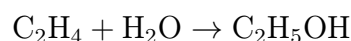


látka	H ₂ O	H ₂ O	CO ₂	CH ₄	O ₂	N ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₅ OH
skupenství	(l)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
$\Delta_{\text{sl}} H_m^\circ(298 \text{ K}) / (\text{kJ mol}^{-1})$	-286	-242	-384	-75	0	0	52	-235
$\bar{C}_{pm}^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$	75	35	46	56	32	31	48	90

1. Entalpická bilance – úplný a neúplný průběh

V plynné fázi probíhá reakce



Teplota reaktantů je 400 K, konečná teplota je 600 K. Vypočítejte teplo vyměněné s okolím při reakci 1 molu ethylenu a 1 molu vodní páry, jestliže reakce probíhá **a)** ze 100 % a **b)** ze 70 %.

(a) -26.3 kJ mol⁻¹; (b) -13.4 kJ mol⁻¹

$$DH_{298} = (-235 - 242 - 52) \cdot 1 \text{ [kJ/mol]} = -4.5 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$$

$$C_{p,C_2H_4} = 48 \text{ [J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] = 48 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$C_{p,H_2O} = 35 \text{ [J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] = 35 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$C_{p,C_2H_5OH} = 90 \text{ [J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] = 90 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$C_{p,\text{reak}} = C_{p,C_2H_4} + C_{p,H_2O} = 83 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ (a+b)}$$

$$C_{p,\text{prod}} = C_{p,C_2H_5OH} = 90 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$Q_1 = C_{p,\text{reak}} \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 400 \text{ [K]}) = -8454 \text{ J mol}^{-1} \text{ (a)}$$

$$Q_2 = DH_{298} = -4.5 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$$

$$Q_3 = C_{p,\text{prod}} \cdot (600 \text{ [K]} - (25 \text{ }^\circ\text{C})) = 2.717 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -2.629 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1} \text{ výsledek a)}$$

b): Q1 se nemění

$$Q_2 = DH_{298} \cdot 0.7 = -3.15 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$$

$$C_{p,\text{prod}} = 0.7 \cdot C_{p,C_2H_5OH} + 0.3 \cdot (C_{p,C_2H_4} + C_{p,H_2O}) = 87.9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$Q_3 = C_{p,\text{prod}} \cdot (600 \text{ [K]} - (25 \text{ }^\circ\text{C})) = 2.653 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -1.342 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1} \text{ výsledek b)}$$

2. *Adiabatická teplota reakce

Vzduch (20% O₂ + 80% N₂) ve mlýně obsahuje 120 g jemně rozprášené mouky v 1 m³ za teploty 25 °C a tlaku 1 bar. Taková směs může vybuchnout. Vypočítejte maximální teplotu, které by mohlo být dosaženo. Na sáčku s moukou je napsáno, že 100 g mouky obsahuje 364 kcal (to je spalná entalpie, voda v kapalně fázi). Předpokládejte, že mouka je čistý škrob (C₆H₁₀O₅)_n. Další data viz tabulka nahoře. Výparná entalpie vody je 44 kJ mol⁻¹ při teplotě 25 °C.

K 9441



$$m=120[\text{g}] = 0.12 \text{ kg}$$

$$n_{\text{skrob}}=m/M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 0.7401 \text{ mol}$$

$$n_{\text{vzduch}}=1[\text{bar}] * 1[\text{m}^3] / R / (25 \text{ oC}) = 40.34 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2}=0.2 * n_{\text{vzduch}} - 6 * n_{\text{skrob}} = 3.627 \text{ mol}$$

$$n_{\text{N}_2}=0.8 * n_{\text{vzduch}} = 32.27 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2}=6 * n_{\text{skrob}} = 4.441 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}}=5 * n_{\text{skrob}} = 3.7 \text{ mol}$$

$$Q_1=0[\text{J}] = 0 \text{ J}$$

$$Q_2=-364[\text{kcal}] / 100[\text{g}] * m + n_{\text{H}_2\text{O}} * 44[\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}] = -1.665 \text{e}+06 \text{ J} + \text{vypaření vody}$$

$$C_{\text{pprod}}=n_{\text{H}_2\text{O}} * 35[\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] + n_{\text{CO}_2} * 46[\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] + n_{\text{O}_2} * 32[\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] + n_{\text{N}_2} * 31[\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] = 1450 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

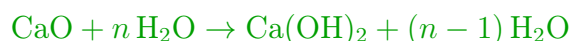
$$\text{def } Q_3=(T-(25 \text{ oC})) * C_{\text{pprod}} = (\text{defined}) \quad Q_3 \text{ je výraz, který se uzávorkuje } () \text{ a dosadí}$$

$$\text{solve } T=1000[\text{K}] \quad Q_1+Q_2+Q_3 = 1446 \text{ K}$$

3. Entalpická bilance – výpočet množství

Při hašení vápna se postupuje tak, že nehašené vápno se přidává do přebytku vody podle požadované koncentrace hydroxidu vápenatého. Teplota při hašení za použití malého množství vody se může značně zvýšit. Jaké minimální množství vody je nutno použít, aby teplota vznikající směsi při hašení nepřesáhla 100 °C? Počáteční teplota je 25 °C. $M_{\text{Ca}} = 40 \text{ g mol}^{-1}$. Standardní slučovací enthalpie (kJ/mol) jsou:

látka	CaO(s)	H ₂ O(l)	Ca(OH) ₂ (s,aq.)
$\Delta_{\text{sl}} H_{\text{m}}^{\circ} / (\text{kJ mol}^{-1})$	-635	-286	-986
$\overline{C}_{\text{pm}}^{\circ} / (\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$	43	75	90

H₂O:CaO molární: 11.36:1, hmotnostní: 3.65:1

n je bezrozměrné, výsledky budou na mol, poměr stejný

$$\text{def } C_{\text{pprod}}=(n-1)*75[\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}]+90[\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] = (\text{defined})$$

$$\text{DH}=-986[\text{kJ/mol}] - (-635[\text{kJ/mol}]) - (-286[\text{kJ/mol}]) = -6.5 \text{e}+04 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\text{DT}=100 \text{ oC} - (25 \text{ oC}) = 75 \text{ K}$$

$$\text{solve } n=1 \quad \text{DH} + \text{DT} * C_{\text{pprod}} = 11.36$$

$$m_{\text{CaO}}=1 * M(\text{CaO}) = 56.08 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}}=n * M(\text{H}_2\text{O}) = 204.6 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{pomer}=m_{\text{H}_2\text{O}}/m_{\text{CaO}} = 3.648$$

4. Entalpická bilance – kalorimetrická rovnice

Kolik ledu o teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ musíme vhodit do půl litru čaje teplého $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby se čaj dal pít (teplota $45\text{ }^{\circ}\text{C}$)? Specifická tepelná kapacita ledu je $2.05\text{ J K}^{-1}\text{ g}^{-1}$, specifická entalpie tání (skupenské teplo tání) ledu je 334 J g^{-1} , ostatní data viz výše.

§ 80E

$$T_{\text{čaj}}=100\text{ }^{\circ}\text{C} = 373.1\text{ K}$$

$$T_{\text{led}}=-20\text{ }^{\circ}\text{C} = 253.1\text{ K}$$

$$T_{\text{cil}}=45\text{ }^{\circ}\text{C} = 318.1\text{ K}$$

$$C_{\text{psp}}=4.2[\text{J.K}^{-1}.\text{g}^{-1}] = 4200\text{ J K}^{-1}\text{ kg}^{-1} \text{ tepelná kapacita vody}$$

$$\text{to } \text{J.K}^{-1}.\text{g}^{-1} = 4.2\text{ J K}^{-1}\text{ g}^{-1}$$

$$Q=-0.5[\text{kg}]\cdot(T_{\text{čaj}}-T_{\text{cil}})\cdot C_{\text{psp}} = -1.155\text{e}+05\text{ J} \text{ teplo na ochlazení čaje}$$

$$q_1=(0\text{ }^{\circ}\text{C}-T_{\text{led}})\cdot 2.05[\text{J.K}^{-1}.\text{g}^{-1}] = 4.1\text{e}+04\text{ J g}^{-1} \text{ ohřátí 1 g ledu z } -20\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ na } 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{to } \text{J.kg}^{-1} = 4.1\text{e}+04\text{ J kg}^{-1}$$

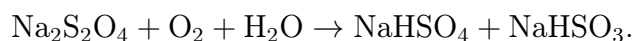
$$q_2=334[\text{J.g}^{-1}] = 3.34\text{e}+05\text{ J kg}^{-1} \text{ roztátí 1 g ledu}$$

$$q_3=(T_{\text{cil}}-(0\text{ }^{\circ}\text{C}))\cdot C_{\text{psp}} = 1.89\text{e}+05\text{ J kg}^{-1} \text{ ohřátí 1 g vody z } 0\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ na } 45\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m=-Q/(q_1+q_2+q_3) = 0.2048\text{ kg} \text{ kalorimetrická rovnice}$$

5. Opakování – ideální plyn

Stopy kyslíku lze odstranit z dusíku promýváním roztokem dithioničitanu sodného ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, *sodium dithionite*, *sodium hydrosulfite*) v alkalickém prostředí za přítomnosti katalyzátoru podle reakce



Dusík obsahuje 0.2 obj. % kyslíku. Kolik $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ je potřeba k vyčištění 1 m^3 znečištěného dusíku za teploty $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlaku 95 kPa ?

§ 29I

$$p=95[\text{kPa}] = 9.5\text{e}+04\text{ Pa}$$

$$V=1[\text{m}^3] = 1\text{ m}^3$$

$$T=15\text{ }^{\circ}\text{C} = 288.1\text{ K}$$

$$V_{\text{O}_2}=0.2[\text{m}^3]/100 = 0.002\text{ m}^3$$

$$n=V_{\text{O}_2}\cdot p/R/T = 0.07931\text{ mol} \text{ stechiometrie } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4:\text{O}_2 = 1:1$$

$$m=n\cdot M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0.01666\text{ kg}$$

$$\text{to } \text{g} = 16.66\text{ g}$$

6. Opakování – reálný plyn

V tlakové láhvi o objemu 5 L je oxid dusný. Přetlak v tlakové láhvi za teploty $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ nesmí překročit 30 bar . Atmosférický tlak je 1 bar . Kolik N_2O se do láhve vejde, aby to bylo bezpečné? Data (podle Wikipedie): kritický tlak = 72.45 bar , kritická teplota $36.4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

(přetlak v láhvi z) § 28Z

$$p=31[\text{bar}] = 3.1\text{e}+06\text{ Pa} \text{ abs. tlak}$$

$$V_m=0.000780402[\text{m}^3/\text{mol}] = 0.0007804\text{ m}^3\text{ mol}^{-1} \text{ aplikace}$$

$$V=5[\text{L}] = 0.005\text{ m}^3$$

$$n=V/V_m = 6.407\text{ mol}$$

$$m=n\cdot M(\text{N}_2\text{O}) = 282\text{ g}$$

$$Z=31[\text{bar}]\cdot V_m/R/(60\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0.8734 \text{ kompresibilitní faktor pro kontrolu}$$

Pozn.: Láhev nelze zcela vyprázdnit, za běžných podmínek v ní zbyde:

$$1[\text{bar}]\cdot V/R/(25\text{ }^{\circ}\text{C})\cdot M(\text{N}_2\text{O}) = 8.877\text{ g}$$