

## 5. Termochemie, Gibbsova energie, entropie, II. věta termodynamiky

### Termochemie

1. Vypočítejte standardní reakční enthalpii reakce:

$$Fe_2O_3(s) + 2Al(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe$$

$$\Delta_{sl}H^\theta(Al_2O_3) = -1670.6 \frac{kJ}{mol}, \Delta_{sl}H^\theta(Fe_2O_3) = -822.55 \frac{kJ}{mol}$$

(-848.05 kJ/mol)

2. Vypočítejte standardní reakční enthalpii reakce:

$$C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$$

$$\Delta_{sp}H^\theta(C_2H_4) = -1411 \frac{kJ}{mol}, \Delta_{sp}H^\theta(H_2) = -285.5 \frac{kJ}{mol}, \Delta_{sp}H^\theta(C_2H_6) = -1560 \frac{kJ}{mol}$$

(-136.5 kJ/mol)

3. Vypočítejte tepelné zabarvení reakce:

$$(COOH)_2(s) + 2CH_3OH(l) \rightarrow (COOCH_3)_2(l) + 2H_2O(l)$$

$$\Delta_{sp}H^\theta((COOH)_2) = -251.6 \frac{kJ}{mol}, \Delta_{sp}H^\theta(CH_3OH) = -726.1 \frac{kJ}{mol},$$

$$\Delta_{sp}H^\theta((COOCH_3)_2) = -1678.9 \frac{kJ}{mol}$$

(-24.9 kJ/mol)

4. Při teplotě 300 K byla zjištěna tato reakční tepla:

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g), \Delta H_1^\theta = -297.3 \text{ kJ/mol}$$

$$SO_2(g) + 1/2 O_2(g) \rightarrow SO_3(g), \Delta H_2^\theta = -96 \text{ kJ/mol}$$

$$S(s) + 2 O_2(g) + H_2(g) \rightarrow H_2SO_4(g), \Delta H_3^\theta = -812 \text{ kJ/mol}$$

Z těchto dat určete slučovací tepla plynného oxidu siřičitého, sírového a kyseliny sírové.  
(-297.3 kJ/mol, -393.3 kJ/mol, -812 kJ/mol)

5. Z následujících dat vypočítejte slučovací teplo CS<sub>2</sub>(l):

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g), \Delta H_1^\theta = -394.7 \text{ kJ/mol}$$

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g), \Delta H_2^\theta = -297.3 \text{ kJ/mol}$$

$$CS_2(l) + 3O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g), \Delta H_3^\theta = -1109.5 \text{ kJ/mol}$$

(121.2 kJ/mol)

### Gibbsova energie, entropie, II. věta termodynamika

6. 1 mol ideálního plynu byl převeden izobaricky ze stavu T<sub>1</sub>=300 K, p<sub>1</sub>=0,1 MPa do stavu T<sub>2</sub>=1300 K, p<sub>2</sub>=0,1 MPa. Vypočtete pro tento děj Q, ΔH, ΔS. pokud je dána c<sub>p</sub>=40 + 0,2T J/mol·K. [200000 J/mol·K, 200000 J/mol·K, 258,65 J/mol·K]
7. Vypočítejte změnu molární Gibbsovy energie pro syntézu amoniaku za standardních podmínek, jsou-li známy hodnoty entropií za standardních podmínek:

	$S_{298}^\theta / J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$	$\Delta H_{stuč}^\theta / kJ \cdot mol^{-1}$
N <sub>2</sub> (g)	191,5	
H <sub>2</sub> (g)	130,6	
NH <sub>3</sub> (g)	192,5	-45,7

[-16,2 kJ/mol]

## 5. Termochemie, Gibbsova energie, entropie, II. věta termodynamiky

8. Určete změnu enthalpie a entropie 1 molu vodíku při jeho zahřátí z teploty 300 K na teplotu 1300 K za konstantního tlaku. Molární tepelná kapacita vodíku ve stavu ideálního plynu je určena vztahem  $c_p = 28,7 + 1,2 \cdot 10^{-3}T - 0,9 \cdot 10^{-6}T^2$  J/mol·K. [29009 J/mol, 42,564 J/mol·K]
9. Vypočtete změnu entropie 28 g oxidu uhelnatého při izobarickém vratném ohřevu z 0 °C na 300 °C. Molární tepelná kapacita je 29 J/mol·K. [21,493 J/mol·K]
10. Určete konečné hodnoty teploty (tlaku v případě b)) a příslušnou změnu entropie u jednoho molu argonu, kterému bylo předáno teplo  $Q = 1250$  J za těchto podmínek: a) při konstantním tlaku; b) za konstantní teploty; c) za konstantního objemu. Výchozí stav je 300 K, 100 kPa. Argon se chová jako ideální plyn. Jeho molární tepelná kapacita je  $c_p = 20,8$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.  
[a)  $Q = \Delta H$ ; b)  $\Delta U = 0$ ;  $Q = -W$ ; c)  $Q = \Delta U$ ]  
[360,1K, 3,798 J/K; 60,58 kPa, 4,166 J/K; 400,11 K, 3,595 J/K]
11. Určete změnu standardní Gibbsovy energie při reakci  
 $\text{CH}_3\text{COOH (l)} + 2 \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow 2 \text{CO}_2 \text{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O (l)}$   
 a rozhodněte, zda bude samovolně probíhat za standardních podmínek. K výpočtu použijte slučovací Gibbsovy energie. [-870,7 kJ/mol, samovolně]

	$\Delta G_{\text{sluč}}^{\ominus} / \text{kJmol}^{-1}$
CH <sub>3</sub> COOH (l)	-392,5
CO <sub>2</sub> (g)	-394,4
H <sub>2</sub> O (l)	-237,2