

## Seminarium - Termodynamika

Zad. 1

5 moli wody odparowano w temp. 373 K pod ciśnieniem 101,3 kPa. Ciepło molowe parowania wody wynosi 40,66 kJ/mol. Oblicz zmianę energii wewnętrznej, entropii i entalpii swobodnej w tym procesie.

Odp.  $\Delta U = 187794 \text{ J}$ ,  $\Delta S = 545 \text{ J/K}$ ,  $\Delta G = 0$

Zad. 2

Porównaj pracę jaką wykonuje 1 mol helu o początkowej temperaturze 298 K i objętości  $V_1 = 10,0 \text{ L}$ , rozprężając się do objętości  $V_2 = 24,4 \text{ L}$

a) w procesie nieodwracalnym pod ciśnieniem 101,3 kPa

b) w teoretycznym izotermicznym procesie odwracalnym.

Odp. a)  $W_{\text{obj}} = -1459 \text{ J}$ , b)  $W_{\text{obj}} = -2210 \text{ J}$

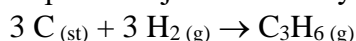
Zad. 3

Oblicz pracę objętościową wykonaną przez gaz w następstwie rozprężania od objętości  $17 \text{ dm}^3$  do  $24 \text{ dm}^3$  przeciwko stałemu ciśnieniu zewnętrznemu równemu 101,3 kPa.

Odp.  $W_{\text{obj}} = -709 \text{ J}$

Zad. 4

Oblicz ciepło reakcji tworzenia cyklopropanu w warunkach izobarycznych:



znając standardowe entalpie spalania reagentów

$$\Delta H_{\text{spal}}^{\circ}(\text{C}_{(\text{st})}) = -393773 \text{ J/mol}$$

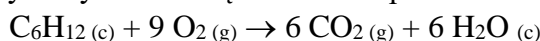
$$\Delta H_{\text{spal}}^{\circ}(\text{H}_2(\text{g})) = -286030 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_{\text{spal}}^{\circ}(\text{C}_3\text{H}_6(\text{g})) = -2092772 \text{ J/mol}$$

Odp.  $Q = 53363 \text{ J}$

Zad. 5

W bombie kalorymetrycznej spalono w stałej objętości 1,285 g cykloheksanu w temp.  $25^{\circ}\text{C}$ , przy czym wydzielilo się 59867 J ciepła. Produktem reakcji były wyłącznie  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{c})}$  i  $\text{CO}_2_{(\text{g})}$ :



Oblicz  $Q$ ,  $W$  i  $\Delta U$  oraz  $\Delta H$  dla spalania 1 mola cykloheksanu ( $M = 84,15 \text{ g/mol}$ ) pod stałym ciśnieniem.

$\Delta U = -3920473 \text{ J}$ ,  $W_{\text{obj}} = 7433 \text{ J}$ ,  $Q = \Delta H = -3927906 \text{ J}$

Zad. 6

Oblicz pracę wykonaną przez układ w temp.  $25^{\circ}\text{C}$ , gdy 50 g żelaza ( $M = 56 \text{ g/mol}$ ) reaguje z kwasem chlorowodorowym

a) w zamkniętym naczyniu o stałej objętości

b) w otwartej zlewce.

Odp. a)  $W_{\text{obj}} = 0 \text{ J}$ , b)  $W_{\text{obj}} = -2212 \text{ J}$

Zad. 7

W teoretycznym procesie odwracalnym 0,25 mola gazu doskonałego ulega izotermicznemu sprężaniu od objętości 50 L do 10 L. Oblicz wykonaną pracę, zmianę entropii i ciepło wymienione przez gaz z otoczeniem w temp.  $20^{\circ}\text{C}$ .

Odp.  $W_{\text{obj}} = 980,1 \text{ J}$ ;  $\Delta S = -3,34 \text{ J/K}$ ,  $\Delta G = 980,1 \text{ J}$

Zad. 8

Oblicz zmianę standardowej entropii reakcji rozpadu węglanu srebra:



mając dane standardowe molowe entropie reagentów:

$$S^\circ_{298} (\text{Ag}_2\text{CO}_3 (\text{st})) = 167,4 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

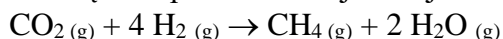
$$S^\circ_{298} (\text{Ag}_2\text{O} (\text{st})) = 121,7 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$S^\circ_{298} (\text{CO}_2 (\text{g})) = 213,6 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$\text{Odp. } \Delta S = 167,9 \text{ J/K}$$

Zad. 9

Oblicz zmianę entalpii swobodnej reakcji:



oraz oceń, czy przebiega ona samorzutnie, mając dane standardowe molowe entalpie tworzenia i standardowe molowe entropie reagentów:

$$S^\circ_{298} (\text{CO}_2 (\text{g})) = 213,60 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$S^\circ_{298} (\text{H}_2 (\text{g})) = 130,60 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$S^\circ_{298} (\text{CH}_4 (\text{g})) = 196,20 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$S^\circ_{298} (\text{H}_2\text{O} (\text{g})) = 188,74 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$\Delta H^\circ_{\text{tw}, 298} (\text{CO}_2 (\text{g})) = -393,51 \text{ kJ/mol}$$

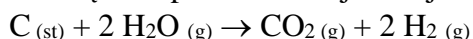
$$\Delta H^\circ_{\text{tw}, 298} (\text{CH}_4 (\text{g})) = -74,85 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{tw}, 298} (\text{H}_2\text{O} (\text{g})) = -241,84 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Odp. } \Delta G = -116649 \text{ J, tak}$$

Zad. 10

Oblicz zmianę entalpii swobodnej reakcji:



w warunkach standardowych na podstawie standardowych entalpii swobodnych tworzenia reagentów:

$$\Delta G^\circ_{\text{tw}, 298} (\text{H}_2\text{O} (\text{g})) = -228,59 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{\text{tw}, 298} (\text{CO}_2 (\text{g})) = -394,38 \text{ kJ/mol}$$

Oceń, czy w powyższych warunkach reakcja przebiega samorzutnie.

$$\text{Odp. } \Delta G = 62800 \text{ J, nie}$$

Zad. 11

$\Delta H$  i  $\Delta S$  dla przemiany fazowej wody ciekłej w lód w temp.  $-10^\circ\text{C}$  i przy ciśnieniu 101,3 kPa wynoszą odpowiednio  $-5619,1 \text{ J/mol}$  i  $-20,54 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ . Oblicz  $\Delta G$ .

$$\text{Odp. } \Delta G = -217,1 \text{ J/mol}$$

Zad. 12

Jaka ilość energii (pracy nieobjętościowej) jest dostępna dla organizmu, na podtrzymanie aktywności układu nerwowego i mięśni, gdy spaleni ulegnie 50 g glukozy ( $M = 180 \text{ g/mol}$ ) w temp.  $37^\circ\text{C}$  (temp. krwi)? Zmiana molowej entropii ( $\Delta S^\circ$ ) dla tej reakcji w powyższej temp. wynosi  $182,4 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  a  $\Delta H^\circ (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{st})) = -2808 \text{ kJ/mol}$ .

$$\text{Odp. } W_{\text{użyte}} = \Delta G = -795707 \text{ J, dostępne jest } 795707 \text{ J energii}$$