

## I i II zasada termodynamiki

Zad. 1.

5 moli wody odparowano w temp. 373 K pod ciśnieniem 101,3 kPa. Ciepło molowe parowania wody wynosi 40,66 kJ/mol. Jak zmieniła się energia wewnętrzna, entropia i entalpia swobodna wody w tym procesie (wzrosła/zmaląła, o ile)?

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

Zad. 2.

Porównaj pracę jaką wykonuje 1 mol helu, rozprężając się z objętości  $V_1 = 10,0 \text{ L}$  do objętości  $V_2 = 24,4 \text{ L}$  w stałej temp. 298 K

a) w procesie nieodwracalnym pod ciśnieniem 101,3 kPa

b) w teoretycznym procesie odwracalnym.

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

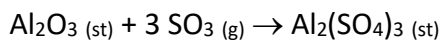
Zad. 3.

Jak zmienia się entalpia i entropia siarkowodoru w następstwie ogrzania 3 moli tego gazu od 373 do 473 K pod stałym ciśnieniem? Ciepło molowe (molowa pojemność cieplna) tego gazu zmienia się z temperaturą wg równania:  $C_p = 36,86 + 0,0079 T$ .

Odp.  $\Delta H = 12060 \text{ J}$ ,  $\Delta S = 28,6 \text{ J/K}$

Zad. 4.

Oblicz efekt cieplny reakcji (ile energii na sposób ciepła układ wydziela lub pochłania)



w temp. 298 K pod stałym ciśnieniem 101,3 kPa, znając ciepła tworzenia reagentów w warunkach standardowych:

$$\Delta H_{\text{tw}, 298}^\circ (\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{st})) = -1669,80 \text{ kJ/mol}$$

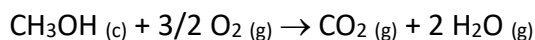
$$\Delta H_{\text{tw}, 298}^\circ (\text{SO}_3 (\text{g})) = -395,20 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{tw}, 298}^\circ (\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 (\text{st})) = -3434,00 \text{ kJ/mol.}$$

Odp.  $\Delta H = -578600 \text{ J}$

Zad. 5.

Oblicz efekt cieplny reakcji (ile energii na sposób ciepła układ wydziela lub pochłania)



w temp. 500 K i pod ciśnieniem 1013 hPa, znając entalpie tworzenia reagentów w warunkach standardowych: - 238,70 kJ/mol ( $\text{CH}_3\text{OH} (\text{c})$ ), - 393,51 kJ/mol ( $\text{CO}_2 (\text{g})$ ) i - 241,84 kJ/mol ( $\text{H}_2\text{O} (\text{g})$ ) oraz ciepła molowe pod stałym ciśnieniem kolejno: 81,6; 29,36; 37,13; 33,56 J/(mol·K).

Odp.  $\Delta H = -642811 \text{ J}$

Zad. 6.

Po spaleniu 0,5 g naftalenu  $\text{C}_{10}\text{H}_8$  ( $M = 128,2 \text{ g/mol}$ ) w bombie kalorymetrycznej temperatura układu wzrosła o 1,92 °C. Pojemność cieplna układu kalorymetrycznego  $K = 10,47 \text{ kJ/K}$ , a średnia temperatura pomiaru wynosi ok. 25 °C. Oblicz molowe ciepło spalania naftalenu (molową entalpię spalania) pod stałym ciśnieniem w podanej temperaturze.

Odp.  $\Delta H = -5159211 \text{ J/mol}$

Zad. 7.

Oblicz pracę wykonaną przez układ w temp. 25 °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. 8.

W teoretycznym procesie odwracalnym 0,25 mola gazu doskonałego ulega izotermicznemu sprężaniu od objętości 50 L do 10 L w temperaturze 20 °C. Oblicz wykonaną pracę, ciepło wymienione przez gaz z otoczeniem, zmianę entropii gazu i zmianę entalpii swobodnej gazu, wiedząc, że w przemianie izotermicznej gaz doskonały nie zmienia swojej energii wewnętrznej ani entalpii.

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

Zad. 9.

Jak zmienia się entropia wody podczas zamiany 1 mola wody ciekłej o temp. 298 K w parę o temp. 500 K pod ciśnieniem 101,3 kPa? Skorzystaj z poniższych danych:

$$C_p(\text{H}_2\text{O}_{(c)}) = 75,36 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$C_p(\text{H}_2\text{O}_{(g)}) = (30,0 + 0,010 T) \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$\Delta H_{\text{par}} = 40,75 \text{ kJ/mol.}$$

Odp.  $\Delta S = 136,2 \text{ J/K}$

Zad. 10.

Oceń, która z odmian alotropowych węgla, diament czy grafit, jest trwalsza w warunkach standardowych, znając molowe entalpie spalania:

$$\Delta H_{\text{spal}, 298}^{\circ}(\text{C}_{(\text{diament})}) = -395405 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_{\text{spal}, 298}^{\circ}(\text{C}_{(\text{grafit})}) = -393514 \text{ J/mol}$$

oraz molowe entropie reagentów:

$$S^{\circ}_{298}(\text{C}_{(\text{diament})}) = 2,44 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$S^{\circ}_{298}(\text{C}_{(\text{grafit})}) = 5,69 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K}).$$

Odp.  $\Delta G = -2859,5 \text{ J}$ , grafit jest trwalszy

Zad. 11.

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

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

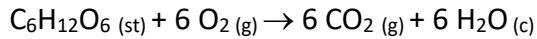
Zad. 12.

W temperaturze 20 °C wypoczywający człowiek oddaje dziennie do otoczenia 100 W ciepła. Oblicz towarzyszącą temu zmianę entropii otoczenia w ciągu dnia.

Odp.  $\Delta S = 29488 \text{ J/K}$

Zad. 13.

Gdy 1 mol glukozy w temp. 25 °C ulega utlenieniu do ditlenku węgla i wody zgodnie z równaniem:



wyznaczone z pomiaru kalorymetrycznego wielkości termodynamiczne wynoszą:

$$\Delta U = -2808 \text{ kJ} \text{ i } \Delta S = 182,4 \text{ J/K.}$$

Jaka część zmiany energii może być uzyskana

- a) jako ciepło pod stałym ciśnieniem 1 atm
- b) jako praca?

Odp. a)  $Q_p = \Delta H = -2808 \text{ kJ}$ , b)  $W_{\text{użyty}} = \Delta G = -2862 \text{ kJ}$

Zad. 14.

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 °C (temp. krwi)? Zmiana entropii dla tej reakcji w powyższej temp. wynosi 182,4 J/(mol · K) a  $\Delta \mathcal{H}_{\text{spal}, 37^\circ\text{C}} (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{st})) = -2808 \text{ kJ/mol}$ .

Odp.  $W_{\text{użyty}} = \Delta G = -795707 \text{ J}$