Kemijska termodinamika: koligativna svojstva

Seminar

22.4.2025.

KOLIGATIVNA SVOJSTVA

$\Delta p = i \cdot p_A^* \cdot x_B$ sniženje tlaka pare

$\Delta T_b = i \cdot K_b \cdot b_B$ povišenje vrelišta

$\Delta T_f = i \cdot K_f \cdot b_B$ sniženje ledišta

$\Pi = i \cdot c_B \cdot R \cdot T$ osmotski tlak

van’t Hoffov faktor

$$i = 1 + (k + a - 1) \cdot \alpha$$

Ebulioskopska konstanta i krioskopska konstanta

$$K_b = \frac{M_A \cdot R \cdot \left(T_b^*\right)^2}{\Delta_{vap} H^{\ominus}}$$

$$K_f = \frac{M_A \cdot R \cdot \left(T_f^*\right)^2}{\Delta_{fus} H^{\ominus}}$$

1. Tlak pare čistog benzena pri 30 °C iznosi 16,239 kPa. Kada se u 125,0 grama benzena otopi 7,50 grama neelektrolita X, tlak pare benzena snizi se za 214 Pa. Izračunajte molarnu masu tvari X!

$p^*(\text{benzen}) = 16{,}239\ \text{kPa}$

$m(\text{benzen}) = 125{,}0\ \text{g}$

$m(\text{X}) = 7{,}50\ \text{g}$

$\Delta p = 214\ \text{Pa}$

$M(\text{benzen}) = 78{,}108\ \text{g mol}^{-1}$

RAOULTOV ZAKON – vrijedi za otapalo

neelektrolit X → $i = 1$

$p(\text{benzen}) = x(\text{benzen}) \cdot p^*(\text{benzen})$

$x(\text{benzen}) = 1 - x(\text{X})$

$\Delta p = p^*(\text{benzen}) - p(\text{benzen})$

$= p^*(\text{benzen}) - x(\text{benzen}) \cdot$

$p^*(\text{benzen})$

$= 1 - \text{x}(\text{benzen}) \cdot p^*(\text{benzen})$

$= x(\text{X}) \cdot p^*(\text{benzen})$

$$x(\text{X}) = \frac{n(\text{X})}{n(\text{X}) + n(\text{benzen})}$$

$$n(\text{X}) = \frac{\Delta p \cdot n(\text{benzen})}{p^*(\text{benzen}) - \Delta p} = \frac{m(\text{X})}{M(\text{X})}$$

$$M(\text{X}) = 351 \text{ g mol}^{-1}$$

2. Otopina koja je dobivena otapanjem 1,645 g sumpora u 100,0 g ugljikova disulfida ima za 0,15 °C više vrelište od vrelišta čistog ugljikova disulfida. Ebulioskopska konstanta ugljikova disulfida iznosi 2,42 K kg mol^{-1}. Od koliko se atoma sastoje molekule sumpora u ugljikovom disulfidu?

Sumpor neelektrolit → $i = 1$

$$\Delta T_b = K_b \cdot b = K_b \cdot \frac{n(\mathrm{S_x})}{m(\mathrm{CS_2})}$$

$m(\mathrm{S_x})$ = 1,645 g
$m(\mathrm{CS_2})$ = 100 g
ΔT_b = 0,15 K
$K_b(\mathrm{CS_2})$ = 2,42 K kg mol^{-1}

$$M(\mathrm{S_x}) = \frac{K_b \cdot m(\mathrm{S_x})}{m(\mathrm{CS_2}) \cdot \Delta T_b} = 0,2654 \text{ kg mol}^{-1}$$

X; $M(\mathrm{S_x})$ = ?

$$x = \frac{M(\mathrm{S_x})}{M(\mathrm{S})} = 8,28 \approx 8$$

3. Vodena otopina magnezijeva sulfata molalnosti 0,050 mol kg^{-1} ima normalno ledište pri -0,121 ^{o}C (K_f = 1,86 K kg mol^{-1}). Za tu otopinu izračunajte:

a) stupanj disocijacije magnezijeva sulfata,

b) ukupnu molalnost svih otopljenih jedinki,

c) povišenje normalnog vrelišta u odnosu na čistu vodu, ako je $K_b(H_2O)$ = 0,513 K kg mol^{-1}.

$$\alpha = \frac{x}{b_0}$$

van't Hoffov faktor

$$i = 1 + (k + a - 1) \cdot \alpha$$

$$\Delta T = i\ K_f\ b$$

$$b\left(\mathrm{Mg}^{2+}\right) = b\left(\mathrm{SO_4}^{2-}\right) = x = \alpha \cdot b_0$$

$$b\left(\mathrm{MgSO_4}\right) = b_0 - x = \left(1 - \alpha\right) \cdot b_0$$

$N = k + a = 2$

$$\underset{b_0 - x}{\mathrm{MgSO_4}} \rightleftarrows \underset{x}{\mathrm{Mg}^{2+}} + \underset{x}{\mathrm{SO_4}^{2-}}$$

a) $$\Delta T = \left[1 + (N-1)\cdot\alpha\right]\cdot K_{\mathrm{f}} \cdot b_0$$

$$\alpha = \frac{\Delta T}{K_{\mathrm{f}} \cdot b_0} - 1 = 0,301$$

b) $$b_{uk} = b(\mathrm{Mg}^{2+}) + b(\mathrm{SO_4}^{2-}) + b(\mathrm{MgSO_4})_{nedis.}$$

$$= 2\cdot\alpha\cdot b_0 + (1-\alpha)\cdot b_0$$

$$= 0,065\ \mathrm{mol\ kg^{-1}}$$

$$= i \cdot b_0$$

c) $$\Delta T = i \cdot K_{\mathrm{b}} \cdot b_0 = K_{\mathrm{b}} \cdot b_{uk}$$

$$= 0,033\ \mathrm{K}$$

4. Odredite ebulioskopsku konstantu benzena ako je vrelište čistog benzena 80,1 °C, entalpija isparavanja benzena pri toj temperaturi 30,8 kJ mol^{-1}.

$$K_b = \frac{M(\text{benzen}) \cdot R \cdot (T_b{*})^2}{\Delta_{\text{vap}} H^{\ominus}} = 2631\ \text{K g mol}^{-1}$$

$$= 2{,}631\ \text{K kg mol}^{-1}$$

5. Ako se urea mase 1 g otopi u 200 g otapala A, talište čistog otapala A snizi se za 0,250 K. Ako se 1,5 g nekog neelektrolita Y otopi u 125 g istog otapala, ledište se snizi za 0,200 K. Izračunajte molarnu masu tvari Y ako je molarna masa ureje 60,06 g mol^{-1}, a molarna masa otapala A 200 g mol^{-1}.

m(urea) = 1 g
m_1(A) = 200 g
ΔT_1= 0,250 K

m(Y) = 1,5 g
m_2(A) = 125 g
ΔT_2= 0,200 K

$$\frac{\Delta T_1}{b(\text{urea})} = \frac{\Delta T_2}{b(\text{Y})} \rightarrow b(\text{Y}) = 6,66 \cdot 10^{-5}\ \text{mol g}^{-1}$$

$$b(\text{urea}) = \frac{n(\text{urea})}{m_1(\text{A})} = 8,325 \cdot 10^{-5}\ \text{mol g}^{-1}$$

$$= 8,325 \cdot 10^{-2}\ \text{mol kg}^{-1}$$

$$M(\text{Y}) = \frac{m(\text{Y})}{b(\text{Y}) \cdot m_2(\text{A})} = 180\ \text{g mol}^{-1}$$

6. Osmotski tlak ljudske krvi iznosi 7 atmosfera pri 37 °C. Izračunajte koncentraciju NaCl u izotoničnoj vodenoj otopini. Odredite osmotski tlak iste otopine pri 25 °C.

$$\Pi(\text{krvi}) = \Pi(\text{NaCl}) = 7\ \text{atm} = 709\ 275\ \text{Pa}$$

$$\Pi(\text{NaCl}) = i \cdot c(\text{NaCl}) \cdot R \cdot T \qquad i = 2$$

$$c(\text{NaCl}) = 137{,}5\ \text{mol m}^{-3}$$

$$= 0{,}138\ \text{mol dm}^{-3}$$

$$\Pi_2(\text{NaCl}) = i \cdot c(\text{NaCl}) \cdot R \cdot T_2$$

$$\Pi_2(\text{NaCl}) = \frac{\Pi_1(\text{NaCl}) \cdot T_2}{T_1} = 6{,}7\ \text{atm}$$