

Elegyek és nagyhígítású rendszerek termodinamikája

F90. Számítsa ki 2,0 mol toluol és 1,0 mol benzol elegyítésekor bekövetkező entalpia-, entrópia- és szabadentalpia-változást 25 °C-on.

Ideális elegy: $\underline{\Delta H = 0 \text{ J}}$

$$X_{\text{benzol}} = \frac{1}{3} = 0,3$$

$$X_{\text{toluol}} = \frac{2}{3} = 0,6$$

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{mix}} G &= nRT (X_A \cdot \ln X_A + X_B \cdot \ln X_B) = \\ &= \underline{\underline{-4733,41 \text{ J}}}\end{aligned}$$

Az $X \cdot \ln X$ negatív kell hogy legyen, mivel $0 < X < 1$. Emiatt a $\Delta_{\text{mix}} G$ mindig negatív (az elegyedés irányát jelző folyamat).

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{mix}} S &= -nR (X_A \ln X_A + X_B \ln X_B) = -\frac{\Delta_{\text{mix}} G}{T} = \\ &= \underline{\underline{15,876 \text{ J/K}}}\end{aligned}$$

- F91. Egy 5,0 tömeg %-os kámforos oldat fagyáspont-csökkenése $10,0\text{ }^\circ\text{C}$. Számolja ki az oldott anyag móltömegét. A kámfor molekulatömege $152,2\text{ g mol}^{-1}$, olvadáspontja $178,8\text{ }^\circ\text{C}$, fagyáshője $-6,48\text{ kJ mol}^{-1}$.

Kámforos oldat: a kámfor az oldóker!

Moleáris fagyáspontcsökkenés:

$$\Delta T = T^* - T = \left(\frac{2T^*{}^2}{\Delta_{\text{fus}}H} \right) \cdot X_B$$

A: oldóker
B: oldott anyag
*: tiszta anyaga!

$$-10 = \frac{8,314 \cdot 451,95^2}{-6480} \cdot X_B$$

$$X_B = 0,038158$$

$$100\text{ g oldat} \rightarrow 5\text{ g B} \longrightarrow n_B = \frac{5}{M_B}$$

$$95\text{ g kámfor} \rightarrow n_A = \frac{95}{152,2} = 0,62418\text{ mol}$$

$$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

$$0,038158 = \frac{5/M_B}{0,62418 + 5/M_B}$$

$$0,038158 \left(0,62418 + \frac{5}{M_B} \right) = \frac{5}{M_B} \quad / \cdot M_B$$

$$0,023817 M_B + 0,190789 = 5$$

$$M_B = \underline{\underline{201,92\text{ g/mol}}}$$

- F92. Milyen magasra nőhet egy fa maximálisan, ha sejtjeiben az ionkoncentráció legfeljebb $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ lehet, és azt feltételezzük, hogy a fa legmagasabb pontjára csupán az ozmózis szállítja a vizet? A napi középhőmérsékletet vegyük 10°C -nak, a víz sűrűségét pedig $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ -nek.

van't Hoff egyenlet

$$\pi = [B]RT = 100 \text{ mol/m}^3 \cdot 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} \cdot 283,15 \text{ K} =$$

$$= 235411 \text{ Pa}$$

Az ozmózisnyomás és a gravitációból eredő p zúgás-nyomás, ezeket nem vagy feljebb a folyadék.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$\rightarrow p = \pi \quad (\text{már az irányuk ellentétes: } \pi \uparrow, p \downarrow)$$

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} = \frac{\pi}{\rho \cdot g} = \frac{235411 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = \underline{\underline{24,0 \text{ m}}}$$

Válójában vannak ennél jóval magasabb fák is (M.o. legmagasabb fája a Kéregi-hegységben van, becsléssel 47 m).

F93. Egy korrump csapos 100,0 cm³ italt próbál elkészíteni 30,0 cm³ etanol és 70,0 cm³ víz összekeverésével 25 °C-on. Az elegykészítéskor bekövetkező térfogatcsökkenés miatt ez nem sikerülhet neki. Milyen térfogatokat kellene összeöntenie, hogy a tervezett erősségű és kívánt össztérfogatú italt kapja meg? Az adott elegyben a víz móltérfogata 18,0 cm³ mol⁻¹, az etanolé pedig 53,6 cm³ mol⁻¹.

A víz sűrűsége 0,997 g/cm³, az etanolé pedig 0,789 g/cm³. A víz moláris tömege 18 g/mol, az etanolé 46 g/mol.

$$\text{H}_2\text{O}: V = 70 \text{ cm}^3 \xrightarrow{\rho} m = 69,79 \text{ g} \xrightarrow{M} n_{\text{H}_2\text{O}} = 3,8772 \text{ mol}$$

$$\text{etanol}: V = 30 \text{ cm}^3 \longrightarrow m = 23,67 \text{ g} \longrightarrow n_{\text{etanol}} = 0,514565 \text{ mol}$$

$$V = V_A n_A + V_B n_B = 3,8772 \cdot 18,0 + 0,514565 \cdot 53,6 =$$

$$= 97,37 \text{ cm}^3$$

Erre $\frac{100}{97,37} = 1,027$ -eresse kell, tehát:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 70 \cdot 1,027 = \underline{\underline{71,89 \text{ cm}^3}}$$

$$V_{\text{etanol}} = 30 \cdot 1,027 = \underline{\underline{30,81 \text{ cm}^3}}$$

- F94. Egy tartály két részre van osztva. Az egyik 3,0 mol H_2 -t tartalmaz 1,0 atm nyomáson és $25^\circ C$ -on, a másik 1,0 mol N_2 -t tartalmaz 3,0 atm nyomáson és $25^\circ C$ -on. Ha az elválasztást megszüntetjük, a gázok elkeverednek. Számítsa ki az elegyedési entrópiát és szabadentalpiát.

Mivel a keveredés végén $ln P/p$ lesz a képletben, maradhat a nyomás atm.

A keveredés előtt:

$$G = 3 \left(\mu^\circ(H_2) + RT \ln 1,0 \right) + 1 \cdot \left(\mu^\circ(N_2) + RT \ln 3,0 \right)$$

A kezdeti térfogatok:

$$V(H_2) = \frac{3RT}{101325} \quad \text{illetve} \quad V(N_2) = \frac{RT}{3 \cdot 101325}$$

A tartály teljes térfogata:

$$V_{\text{total}} = V(H_2) + V(N_2) = \frac{RT}{101325} \left(3 + \frac{1}{3} \right)$$

$$n_{\text{total}} = 4,0 \text{ mol}$$

$$\text{A végső nyomás: } p = \frac{n_{\text{total}} RT}{V_{\text{total}}} = \frac{4 RT \cdot 101325}{RT \cdot \left(3 + \frac{1}{3} \right)} =$$

$$= 121590 \text{ Pa} = 1,2 \text{ atm}$$

$$X(H_2) = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ és } X(N_2) = 0,25, \text{ így:}$$

$$p(H_2) = p \cdot X(H_2) = 0,9 \text{ atm és } p(N_2) = 0,3 \text{ atm}$$

Ezzel a keveredés utáni G :

$$G = 3 \left(\mu^\circ(H_2) + RT \ln 0,9 \right) + 1 \cdot \left(\mu^\circ(N_2) + RT \ln 0,3 \right)$$

Igy az elegyedési ΔG és ΔS :

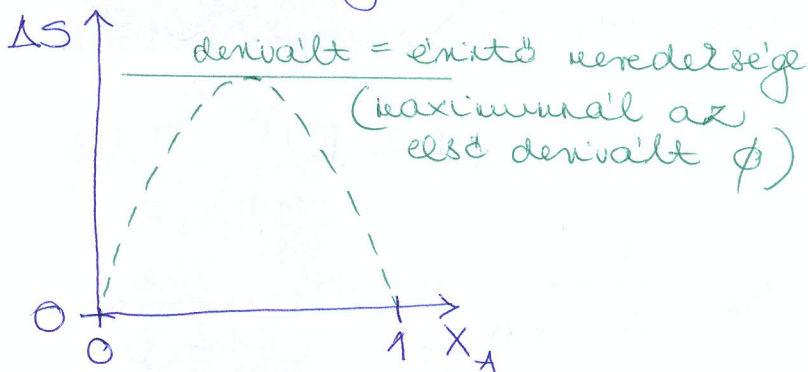
$$\Delta G = 3 RT \ln \frac{0,9}{1,0} + RT \ln \frac{0,3}{3,0} = \underline{\underline{-6491,2 \text{ J}}}$$

$$\Delta S = -\frac{\Delta G}{T} = \underline{\underline{21,77 \text{ J/K}}} \quad (\text{ugyanis } \Delta H = 0 \text{ J})$$

F95. Számítsa ki az elegyedési entrópia maximális értékét két komponensű ideális elegy képződésekor.

$$\Delta_{\text{mix}} S = - \left(\frac{\partial \Delta_{\text{mix}} G}{\partial T} \right)_{P, n_A, n_B} = -nR (X_A \ln X_A + X_B \ln X_B)$$

Azt az X_A értéket kell megkeresni, ahol a derivált \emptyset :



$$X_A + X_B = 1 \rightarrow X_B = 1 - X_A$$

$$\Delta_{\text{mix}} S = -nR (X_A \cdot \ln X_A + (1 - X_A) \cdot \ln (1 - X_A))$$

$$\frac{d \Delta_{\text{mix}} S}{d X_A} = -nR (\ln X_A + 1 - \ln (1 - X_A) - 1) = -nR \ln \frac{X_A}{1 - X_A}$$

$$0 = -nR \ln \frac{X_A}{1 - X_A}$$

$$0 = \ln \frac{X_A}{1 - X_A}$$

$$X_A = 1 - X_A = 0,5$$

Ebben az esetben:

$$\Delta_{\text{mix}} S = -nR \ln 0,5 = \underline{\underline{nR \ln 2}} \text{ J/K} \text{ a teljes érték,}$$

$$\text{és } R \cdot \ln 2 = \underline{\underline{5,763}} \text{ J/mol}\cdot\text{K} \text{ a moláris}$$

- F96. A Henry-törvény alkalmazásával számítsa ki az oxigén vízben való oldékonyságát (x mol O_2 /1,00 kg víz) 25,0 °C-on és 190 Torr nyomáson. Az oxigén vízben való oldódására vonatkozó Henry-állandó $3,30 \cdot 10^7$ Torr.

Ideálisan híg elegyek és oldatok esetén:

$$p_B = X_B \cdot K_B$$

$$190 \text{ Torr} = X_B \cdot 3,30 \cdot 10^7 \text{ Torr}$$

$$X_B = 5,75 \cdot 10^{-6}$$

$$X_B = \frac{n_{O_2}}{n_{O_2} + n_{H_2O}} \approx \frac{n_{O_2}}{n_{H_2O}}$$

$$1 \text{ kg víz} \approx 55,5 \text{ mol} \left(n = \frac{m}{M} = \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} \right)$$

$$5,75 \cdot 10^{-6} = \frac{n_{O_2}}{55,5}$$

$$n_{O_2} = 3,199 \cdot 10^{-4} \text{ mol}, \text{ azaz az oldékonyság:}$$

$$\underline{\underline{3,199 \cdot 10^{-4} \text{ mol/kg}}}$$

- F97. A Henry-törvény alkalmazásával számítsa ki a CO_2 vízben való oldékonyságát (x mol O_2 /1,00 kg víz) 25°C -on és 1,000 atm nyomáson. A CO_2 vízben való oldódására vonatkozó Henry-állandó $1,25 \cdot 10^6$ Torr.

$$1,000 \text{ atm} = 760 \text{ Torr} \quad (\text{ezt az egységet át kell váltani})$$

$$760 \text{ Torr} = X_{\text{B}} \cdot 1,25 \cdot 10^6 \text{ Torr}$$

$$X_{\text{B}} = 6,08 \cdot 10^{-4} \approx \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{55,5 \text{ mol}}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 0,0337 \text{ mol}, \text{ azaz az oldhatóság:}$$
$$\underline{\underline{0,0337 \text{ mol/kg}}}$$

F98. Az otthoni szódavíz készítésre alkalmas berendezés 5,0 atm nyomású szén-dioxiddal működik. Számítsa ki az így készült szódavíz moláris szén-dioxid-koncentrációját.

Fel kell használni az előző (F97) feladat eredményeit!

Azaz: 1 atm nyomáson az oldhatóság: $0,0337 \text{ mol CO}_2 / 1 \text{ kg víz}$.

$$c_{\text{CO}_2} = 0,0337 \text{ mol/kg (1 atm nyomáson)}$$

$$c_{\text{CO}_2} = 5 \cdot 0,0337 = 0,168 \text{ mol/kg (5 atm nyomáson)} =$$

$$\underline{\underline{\approx 0,168 \text{ mol/dm}^3}}$$

$$\text{(Ugyanis a víz sűrűsége } \approx 1 \text{ g/cm}^3 = \\ = 1 \text{ kg/dm}^3 \text{)}$$

F99. Egy acetontól és kloroformból álló elegyben a kloroform móltörtje 0,4693. Az acetontól parciális moláris térfogata $74,166 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$, a kloroformé pedig $80,235 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Mennyi az 1,000 kg tömegű elegy térfogata? A moláris tömegek: kloroformra $119,358$, acetontól $58,048 \text{ g/mol}$.

$$X_{\text{CHCl}_3} = 0,4693$$

$$X_{\text{acetontól}} = 1 - 0,4693 = 0,5307$$

Ha $n_{\text{total}} = 1$, akkor

$$n_{\text{CHCl}_3} = 0,4693 \text{ és}$$

$$n_{\text{acetontól}} = 0,5307 \text{ mol}$$

$$m_{\text{CHCl}_3} = M_{\text{CHCl}_3} \cdot n_{\text{CHCl}_3} = 119,358 \cdot 0,4693 = 56,01471 \text{ g}$$

$$m_{\text{acetontól}} = 58,048 \cdot 0,5307 = 30,80607 \text{ g}$$

Azaz ha $n_{\text{total}} = 1 \text{ mol}$ akkor $m_{\text{total}} = 86,82078 \text{ g}$

$$11,51797 \text{ g} \longleftarrow 1000 \text{ g}$$

$$n_{\text{CHCl}_3} = X_{\text{CHCl}_3} \cdot 11,51797 \text{ g} = 5,4054 \text{ mol}$$

$$n_{\text{acetontól}} = 6,1126 \text{ mol}$$

$$V = n_A V_A + n_B V_B = \underline{\underline{887,05 \text{ cm}^3}}$$

parciális moláris
térfogatok

F100. Az antracén olvadási entalpiája $28,8 \text{ kJ mol}^{-1}$, olvadáspontja pedig 217°C . Számítsa ki az oldékonyságát benzolban, 25°C -on, feltételezve, hogy ideális oldat keletkezik. *A moláris tömegek: antracénra 178 g/mol , benzolra $78,108 \text{ g/mol}$.*

$$\ln \frac{p}{p^*} = \ln X_B = \frac{\Delta_{\text{fus}}^\ddagger}{R} \left(\frac{1}{T^*} - \frac{1}{T} \right) =$$

$$= \frac{28800}{8,314} \left(\frac{1}{490,15} - \frac{1}{298,15} \right) = -4,55$$

$$X_B = 0,105552, \text{ és mivel ez } \ll 1, \text{ így}$$

$$X_B \approx \frac{n_{\text{antracén}}}{n_{\text{benzol}}}$$

$$1 \text{ kg benzol} = 1000 \text{ g} \xrightarrow{:M} n_{\text{benzol}} = 12,8126 \text{ mol}$$

$$n_{\text{antracén}} = X_B \cdot n_{\text{benzol}} = 0,13524 \text{ mol, azaz az oldhatósá-}$$

sdg: $C_{\text{antracén}} = 0,13524 \text{ mol/kg}$

$(M_{\text{antracén}} = 24,07 \text{ g})$



F101. Számítsa ki az elegyedési entrópiát, ha a következő tömeg %-os összetételű levegőt (nitrogén: 75,5 %; oxigén: 23,2 %; argon: 1,3 %) tiszta gázokból állítjuk elő. *A moláris tömegek: O = 16, N = 14, Ar = 40 a feladatban szereplő atomokra.*

$$\Delta_{\text{mix}} S = -nR (X_A \ln X_A + X_B \ln X_B + X_C \ln X_C)$$

$$\text{moláris } \Delta_{\text{mix}} S = -R (X_A \ln X_A + X_B \ln X_B + X_C \ln X_C)$$

A képletben mostánké szerepelnek!

$$\begin{array}{l} 100 \text{ g levegő} : 75,5 \text{ g N}_2 \xrightarrow{M=28 \text{ g/mol}} 2,69643 \text{ mol N}_2 \\ \quad \quad \quad 23,2 \text{ g O}_2 \xrightarrow{M=32 \text{ g/mol}} 0,725 \text{ mol O}_2 \\ \quad \quad \quad 1,3 \text{ g Ar} \xrightarrow{M=40 \text{ g/mol}} 0,0325 \text{ mol Ar} \end{array}$$

$$n_{\text{total}} = 3,45393 \text{ mol}$$

$$X_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{total}}} = \frac{2,69643}{3,45393} = 0,780685$$

$$X_{\text{O}_2} = 0,209906$$

$$X_{\text{Ar}} = 0,00941$$

Ezeket már be lehet helyettesíteni a $\Delta_{\text{mix}} S$ moláris értékét megadó képletbe:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{mix}} S &= -8,314 (0,780685 \cdot \ln 0,780685 + \dots) = \\ &= \underline{\underline{4,696 \text{ J/mol}\cdot\text{K}}} \end{aligned}$$

Önellenőrző (igaz/hamis) tesztkérdések

- T79. Reális elegyek keletkezésekor az elegyedési térfogatváltozás vagy az elegyedési entalpiaváltozás (esetleg mindkettő) nullától eltérő értékű. *i*
- T80. Egy elegy adott komponensének kémiai potenciálja változik az elegy összetételével. *i*
- T81. Az elegy komponenseinek parciális moláris térfogata extenzív sajátság és bizonyos esetekben megegyezik a tiszta komponensek móltérfogatával. *h*
moláris - intenzív
- T82. Az elegy komponenseinek parciális moláris térfogata nem függ az összetételtől. *h*
- T83. A parciális moláris térfogatok csak pozitív értékek lehetnek. *h*
- T84. A Gibbs–Duhem-egyenlet értelmében az elegy komponenseinek parciális moláris mennyiségei egymástól nem változtathatók függetlenül: $\sum x_j dY_j = 0$, ahol x_j a j -edik komponens móltörtje az elegyben, Y_j a j -edik komponens valamely parciális moláris mennyisége az elegyben. *i*
- T85. A Raoult-törvény segítségével bármely folyadékelegy fölötti gőznyomás kiszámítható: $p = \sum x_j p_j^*$, ahol p az elegy fölötti gőznyomás, x_j a j -edik komponens móltörtje a folyadékelegyben, p_j^* a j -edik komponens gőznyomása tiszta állapotban. *h*
csak ideális elegyre!
- T86. Az aktivitás az a koncentráció(móltört)-jellegű, azzal arányos mennyiség, amelyet az ideális elegyekre érvényes összefüggésekben a koncentráció (móltört) helyére beírva az addig csak ideális elegyre érvényes összefüggés ezáltal az adott reális elegyre is érvényes lesz. *i*
- T87. $\Delta_{\text{mix}}S = nRT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$. *h*
- T88. Forráspont-emelkedés: $\Delta T = \left(\frac{RT^* M}{\Delta_{\text{vap}} H} \right) x_B$. *h*
- T89. Az oldószer aktivitása $a_A = \gamma_A x_A$, és $\gamma_A \rightarrow 1$, amint $x_A \rightarrow 1$ (standard állapot). *i*
- T90. Az oldott anyag aktivitása $a_B = \gamma_B x_B$, és $\gamma_B \rightarrow 1$, amint $x_B \rightarrow 1$ (standard állapot). *0* *h*