

Megoldások – 5.A.- 6.B. hét

Koncentráció

1. Mekkora tömegű alumíniumiont tartalmaz $1,00 \text{ cm}^3$ olyan AlCl_3 -oldat, amelynek koncentrációja $1,06 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$?

$$\frac{m_{\text{Al}^{3+}}}{M_{\text{Al}^{3+}}} = \frac{1}{1} \cdot c \cdot V \quad m_{\text{Al}^{3+}} = M_{\text{Al}} \cdot c \cdot V$$

$$m_{\text{Al}^{3+}} = 26,98 \text{ g/mol} \cdot 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 28,6 \cdot 10^{-6} \text{ g} = \mathbf{28,6 \mu\text{g}}$$

2. Hány nitrát ion van $1,00 \mu\text{l}$ (10^{-6} dm^3) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ oldatban, ha az oldat koncentrációja $1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$?

$$\frac{N}{N_A} = \frac{2}{1} \cdot c \cdot V \quad N_{\text{nitrát}} = 2 \cdot N_A \cdot c \cdot V$$

$$N_{\text{nitrát}} = 2 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 10^{-6} \text{ dm}^3 = \mathbf{1,63 \cdot 10^{15}}$$

3. $50,0 \text{ g}$ cézium-kloridot (CsCl) feloldottunk $50,0 \text{ g}$ vízben. Az oldat térfogata $63,3 \text{ cm}^3$. Számítsuk ki a.) a tömeg%-os összetételt

$$w\% = 100 \cdot \frac{m_{\text{CsCl}}}{m_{\text{oldat}}} = 100 \cdot \frac{50,0 \text{ g}}{100,0 \text{ g}} = 50,0 \%$$

b.) az oldat molaritását,

$$\frac{m_{\text{CsCl}}}{M_{\text{CsCl}}} = c \cdot V \quad c = \frac{m_{\text{CsCl}}}{V \cdot M_{\text{CsCl}}} = \frac{50,0 \text{ g}}{0,0633 \text{ dm}^3 \cdot 168,36 \text{ g/mol}} = 4,69 \text{ mol/dm}^3$$

c.) és a CsCl moltörtjét!

$$X = \frac{n_{\text{CsCl}}}{n_{\text{összes}}} \quad n_{\text{CsCl}} = 50,0 \text{ g} / 168,36 \text{ g/mol} = 0,300 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 50,0 \text{ g} / 18,02 \text{ g/mol} = 2,77 \text{ mol}$$

$$X_{\text{CsCl}} = 0,300 \text{ mol} / 3,07 \text{ mol} = \mathbf{0,0977}$$

4. A vizes fagyálló $40,0$ tömeg% etándiolt (glikolt – $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) tartalmaz, és sűrűsége $1,05 \text{ g/cm}^3$. Számítsuk ki a glikol koncentrációját

a.) g/dm^3 -ben,

$$w\% = 100 \cdot \frac{m_{\text{glikol}}}{m_{\text{oldat}}} \quad \rho = \frac{m_{\text{oldat}}}{V_{\text{oldat}}} \quad c_m = \frac{m_{\text{glikol}}}{V_{\text{oldat}}} \quad c = \frac{w\% \cdot \rho}{100}$$

$$c_m = 40,0 \cdot 1,05 \text{ g/cm}^3 \cdot 1000 \text{ cm}^3/\text{dm}^3 / 100 = \mathbf{420 \text{ g/dm}^3}$$

b.) Raoult-koncentrációban,

$$c_R = \frac{n_{\text{glikol}}}{m_{\text{oldószer}}} = \frac{m_{\text{glikol}}}{M_{\text{glikol}} \cdot m_{\text{oldószer}}} \quad c_R = 40,0 \text{ g} / (62,07 \text{ g/mol} \cdot 0,0600 \text{ kg}) = \mathbf{10,7 \text{ mol/kg víz}}$$

és c.) adjuk meg a mol%-os összetételt!

$$x\% = 100 \cdot \frac{n_{\text{glikol}}}{n_{\text{összes}}} \quad n_{\text{glikol}} = 40,0 \text{ g} / 62,07 \text{ g/mol} = 0,644 \text{ mol}$$

$$n_{\text{víz}} = 60,0 \text{ g} / 18,02 \text{ g/mol} = 3,33 \text{ mol}$$

$$x\% (\text{glikol}) = 100 \cdot 0,644 \text{ mol} / 3,97 \text{ mol} = \mathbf{16,2}$$

$$x\% (\text{víz}) = 100 \cdot 3,33 \text{ mol} / 3,97 \text{ mol} = \mathbf{83,9}$$

5. Egy üveg bor $12,5$ térfogat% etanolt ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) tartalmaz. Az etanol sűrűsége $0,789 \text{ g/cm}^3$, a boré pedig $0,9836 \text{ g/cm}^3$. Hány tömeg% etanolt tartalmaz a bor?

$$\varphi\% = 100 \cdot \frac{V_{\text{etanol}}}{V_{\text{bor}}} \quad \rho_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{V_{\text{etanol}}} \quad \rho_{\text{bor}} = \frac{m_{\text{bor}}}{V_{\text{bor}}} \quad w\% = 100 \cdot \frac{m_{\text{etanol}}}{m_{\text{bor}}}$$

$$w\% = 100 \cdot \frac{\rho_{\text{etanol}} \cdot V_{\text{etanol}}}{\rho_{\text{bor}} \cdot V_{\text{bor}}} = \varphi\% \cdot \frac{\rho_{\text{etanol}}}{\rho_{\text{bor}}} \quad w\% = 12,5 \cdot 0,789 \text{ g/cm}^3 / 0,9836 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{10,0 \%}$$

6. Az $1,37 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú citromsav-oldat sűrűsége $1,10 \text{ g/cm}^3$. Számítsuk ki a citromsav ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) tartalmat a.) g/dm^3 -ben,

$$c_n = \frac{c_m}{M} \quad c_m = c_n \cdot M = 1,37 \text{ mol/dm}^3 \cdot 192,10 \text{ g/mol} = \mathbf{263 \text{ g/dm}^3}$$

b.) tömeg%-ban

$$c \cdot V_{\text{oldat}} = \frac{m_{\text{citr}}}{M_{\text{citr}}} \quad \rho = \frac{m_{\text{oldat}}}{V_{\text{oldat}}} \quad w\% = 100 \cdot \frac{m_{\text{citr}}}{m_{\text{oldat}}} \quad w\% = 100 \cdot \frac{c \cdot V_{\text{oldat}} \cdot M_{\text{citr}}}{\rho \cdot V_{\text{oldat}}}$$

$$w\% = 100 \cdot 1,37 \text{ mol/dm}^3 \cdot 192,10 \text{ g/mol} / 1100 \text{ g/dm}^3 = \mathbf{23,9 \%}$$

és c.) molalításban!

$$c_R = \frac{n_{\text{citr}}}{m_{\text{oldószer}}} \quad \rho = \frac{m_{\text{oldat}}}{V_{\text{oldat}}} \quad n_{\text{citr}} = c \cdot V_{\text{oldat}} \quad m_{\text{oldószer}} = \rho \cdot V_{\text{oldat}} - M_{\text{citr}} \cdot c \cdot V_{\text{oldat}}$$

$$c_R = \frac{c \cdot V_{\text{oldat}}}{\rho \cdot V_{\text{oldat}} - M_{\text{citr}} \cdot c \cdot V_{\text{oldat}}} = \frac{c}{\rho - M_{\text{citr}} \cdot c}$$

$$c_R = 1,37 \text{ mol/dm}^3 / (1,10 \text{ kg/dm}^3 - 0,19210 \text{ kg/mol} \cdot 1,37 \text{ mol/dm}^3) = \mathbf{1,64 \text{ mol/kg víz}}$$

7. Egy pohár martini (142 g) 30 tömeg% alkoholt tartalmaz, amelynek kb. 15 %-a (τ) azonnal a véráramba kerül (felnőttnél kb. 7,0 liter vér). Becsüljük meg a vérben az alkohol tartalmat (g/cm^3 -ben), ha az illető 2 martinit ivott meg ebéd előtt. Ha $0,0010 \text{ g/cm}^3$ -nél nagyobb, már felmerülhet a részegség gyanúja!

$$w\% = 100 \cdot \frac{m_{\text{alkohol}}}{m_{\text{ital}}} \quad c_{\text{alkohol}} = \frac{m_{\text{alkohol}}}{V_{\text{vér}}} = \frac{\tau \cdot m_{\text{ital}} \cdot w\%}{100 \cdot V_{\text{vér}}}$$

$$c_{\text{alkohol}} = 2 \cdot 0,15 \cdot 142 \text{ g} \cdot 30 / 100 \cdot 7000 \text{ cm}^3 = \mathbf{1,83 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3} \quad (\text{jelentősen magasabb!!})$$

8. A száraz levegő térfogat%-os összetétele: 78,08 % nitrogén, 20,95 % oxigén, 0,93 % argon és 0,037 % szén-dioxid. Számítsuk ki az összetevők koncentrációját g/m^3 -ben, tömeg%-ban és moltörtben! A levegő sűrűsége $1,025 \text{ kg/m}^3$.

$$\varphi\% = 100 \cdot \frac{V_{\text{komponens}}}{V_{\text{levegő}}} \quad \rho_{\text{levegő}} = \frac{m_{\text{levegő}}}{V_{\text{levegő}}} \quad w\% = 100 \cdot \frac{m_{\text{komponens}}}{m_{\text{levegő}}} \quad c = \frac{m_{\text{komponens}}}{V_{\text{levegő}}}$$

a gázok térfogat%-os összetétele megegyezik a mol%-os összetétellel, vagyis

$0,7808 \text{ mol N}_2$; $0,2095 \text{ mol O}_2$; $9,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol Ar}$; és $3,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol CO}_2$ alkotja a levegő $1,00 \text{ mol}$ -ját ennek tömege:

$$m_{\text{levegő}} = 0,7808 \text{ mol} \cdot 28,01 \text{ g/mol} + 0,2095 \text{ mol} \cdot 32,00 \text{ g/mol} + 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 39,95 \text{ g/mol} + 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g/mol} = 28,96 \text{ g}$$

$$w\% (\text{N}) = 100 \cdot 21,87 \text{ g} / 28,96 \text{ g} = \mathbf{75,52}$$

$$w\% (\text{O}) = 100 \cdot 6,704 \text{ g} / 28,96 \text{ g} = \mathbf{23,15}$$

$$w\% (\text{Ar}) = 100 \cdot 0,372 \text{ g} / 28,96 \text{ g} = \mathbf{1,28}$$

$$w\% (\text{CO}_2) = 100 \cdot 0,016 \text{ g} / 28,96 \text{ g} = \mathbf{0,055}$$

$$V_{\text{levegő}} = 0,02896 \text{ kg} / 1,025 \text{ kg/m}^3 = 0,02825 \text{ m}^3$$

$$c (\text{N}) = 21,87 \text{ g} / 0,02825 \text{ m}^3 = \mathbf{755 \text{ g/m}^3}$$

$$c (\text{O}) = 6,704 \text{ g} / 0,02825 \text{ m}^3 = \mathbf{237 \text{ g/m}^3}$$

$$c (\text{Ar}) = 0,372 \text{ g} / 0,02825 \text{ m}^3 = \mathbf{13,2 \text{ g/m}^3}$$

$$c (\text{CO}_2) = 0,016 \text{ g} / 0,02825 \text{ m}^3 = \mathbf{0,566 \text{ g/m}^3}$$

Kolligatív tulajdonságok

1. Számítsuk ki a vizes fagyálló fagyáspontját, ha 42,0 tömeg% glikolt (etándiol – $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) tartalmaz. A glikol nem elektrolit ($i = 1$). (H_2O $k_f = 1,86 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}$)

$$\Delta T_f = i \cdot k_f \cdot c_R \quad w\% = 100 \cdot \frac{m_{\text{glikol}}}{m_{\text{oldat}}} \quad c_R = \frac{n_{\text{glikol}}}{m_{\text{oldószer}}} = \frac{w\% \cdot m_{\text{oldat}}}{100 \cdot M_{\text{glikol}} \cdot (m_{\text{oldat}} - \frac{w\% \cdot m_{\text{oldat}}}{100})}$$

$$\Delta T_f = i \cdot k_f \cdot \frac{w\%}{100 \cdot M_{\text{glikol}} - w\% \cdot M_{\text{glikol}}}$$

$$\Delta T_f = 1 \cdot 1,86 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 42,0 / (100 \cdot 0,06207 \text{ kg/mol} - 42,0 \cdot 0,06207 \text{ kg/mol}) = 21,7 \text{ °C}$$

tehát a víz 0,0 °C fagyáspontja 21,7 °C értékkel csökken, vagyis **-21,7 °C**

2. Mekkora térfogatú glikolt (etándiol – C₂H₆O₂) kell 15,0 liter vízhez adni, hogy a fagyálló fagyáspontja -30,0 °C legyen? ($\rho_{\text{glikol}} = 1,11 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{víz}} = 1,00 \text{ g/cm}^3$, $k_f = 1,86 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol}$)

$$\Delta T_f = i \cdot k_f \cdot c_R \quad c_R = \frac{n_{\text{glikol}}}{m_{\text{oldószer}}} = \frac{\rho_{\text{glikol}} \cdot V_{\text{glikol}}}{M \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot V_{\text{víz}}} \quad V_{\text{glikol}} = \frac{\Delta T_f \cdot M_{\text{glikol}} \cdot \rho_{\text{víz}} \cdot V_{\text{víz}}}{i \cdot k_f \cdot \rho_{\text{glikol}}}$$

$$V_{\text{glikol}} = 30,0 \text{ °C} \cdot 0,06207 \text{ kg/mol} \cdot 1,00 \text{ g/cm}^3 \cdot 15,0 \text{ dm}^3 / (1 \cdot 1,86 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 1,11 \text{ g/cm}^3) = \mathbf{13,5 \text{ dm}^3}$$

3. 175,0 g vízből és 49,0 g szacharózból (C₁₂H₂₂O₁₁) keveréket készítettünk. Számítsuk ki az oldat forráspontját! A kristálycukor nem elektrolit ($i = 1$). (H₂O $T_b = 100,0 \text{ °C}$; $k_b = 0,517 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol}$)

$$\Delta T_b = i \cdot k_b \cdot c_R \quad c_R = \frac{n_{\text{szacharóz}}}{m_{\text{oldószer}}} = \frac{m_{\text{szacharóz}}}{M_{\text{szacharóz}} \cdot m_{\text{víz}}}$$

$$\Delta T_b = 1 \cdot 0,517 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 49,0 \text{ g} / (342,30 \text{ g/mol} \cdot 0,1750 \text{ kg}) = 0,423 \text{ °C} \quad T = \mathbf{100,4 \text{ °C}}$$

4. Milyen hőmérsékleten fagy be az óceán, ha sókoncentrációja (NaCl) 35,0 ‰ (=35,0 g/kg)? (H₂O $k_f = 1,86 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol}$; $i = 2$)

$$\Delta T_f = i \cdot k_f \cdot c_R \quad c_R = \frac{n_{\text{NaCl}}}{m_{\text{oldószer}}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}} \cdot m_{\text{víz}}} \quad m_{\text{víz}} = 1000,0 \text{ g} - 35,0 \text{ g} = 0,965 \text{ kg}$$

$$\Delta T_f = 2 \cdot 1,86 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 35,0 \text{ g} / (58,44 \text{ g/mol} \cdot 0,965 \text{ kg}) = 2,3 \text{ °C} \quad T_f = \mathbf{-2,3 \text{ °C}}$$

5. 0,350 g molekuláris anyagot feloldottunk 15,0 g kloroformban, a fagyáspont-csökkenés 0,240 °C lett. Számítsuk ki a biomolekula (nem elektrolit) moláris tömegét! (CHCl₃ $k_f = 4,70 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol}$)

$$\Delta T_f = i \cdot k_f \cdot c_R \quad c_R = \frac{n_{\text{bio}}}{m_{\text{oldószer}}} = \frac{m_{\text{bio}}}{M_{\text{bio}} \cdot m_{\text{CHCl}_3}} \quad M_{\text{bio}} = \frac{i \cdot k_f \cdot m_{\text{bio}}}{\Delta T_f \cdot m_{\text{CHCl}_3}}$$

$$M_{\text{bio}} = 1 \cdot 1000 \text{ g/kg} \cdot 4,70 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 0,350 \text{ g} / (0,240 \text{ °C} \cdot 15,0 \text{ g}) = 457 \text{ g/mol}$$

6. Hány g/dm³ NaCl koncentrációjának kell lenni a laboratóriumban használt szemmosó folyadéknak, ha 25,0 °C-on az emberi szem ozmózisnyomása 0,8106 MPa?

$$\pi \cdot V = i \cdot n \cdot R \cdot T \quad \pi = i \cdot c_n \cdot R \cdot T \quad c_m = M \cdot c_n \quad c_m = \frac{M \cdot \pi}{i \cdot R \cdot T}$$

$$R = 8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol} = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{K} \cdot \text{mol} \quad T = 273,15 + 25 \text{ °C} = 298,2 \text{ K} \quad i = 2$$

$$c_m = 58,44 \text{ g/mol} \cdot 8,106 \cdot 10^5 \text{ Pa} / (2 \cdot 1000 \text{ dm}^3 / \text{m}^3 \cdot 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{K} \cdot \text{mol} \cdot 298,2 \text{ K}) = \mathbf{9,55 \text{ g/dm}^3}$$

7. Számítsuk ki mekkora a legkisebb nyomás, amit 20,0 °C-on a sótalánító berendezésben reverz-ozmózis során alkalmazni kell, hogy megfelelő tiszta vizet állítsanak elő, ha a felhasznált tengervíz sűrűsége 1,025 g/cm³ és 35,0 ‰ NaCl koncentrációjú ($i = 1,9$)!

$$\pi \cdot V = i \cdot n \cdot R \cdot T \quad n_{\text{NaCl}} = 35,0 \text{ g} / 58,44 \text{ g/mol}$$

$$V_{\text{tengervíz}} = 1000 \text{ g} / 1,025 \text{ g/cm}^3 = 975,6 \text{ cm}^3$$

$$\pi = 1,9 \cdot 0,5989 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{K} \cdot \text{mol} \cdot 293,2 \text{ K} / 975,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 2,84 \cdot 10^6 \text{ Pa} = \mathbf{2,84 \text{ MPa}}$$

8. Egy ismeretlen fehér porról feltételezték, hogy tiszta kokain (C₁₇H₂₁NO₄, $M = 303,35 \text{ g/mol}$). A laborban $1,22 \pm 0,01 \text{ g}$ anyagot feloldottak $15,60 \pm 0,01 \text{ g}$ benzinben. A mért fagyáspont-csökkenés

$1,32 \pm 0,04$ °C volt. (benzin $k_f = 5,12$ °C · kg/mol) Meg tudja-e különböztetni egymástól a kokaint (kábitószer) és a kodeint (köhögés csillapító gyógyszer, $C_{18}H_{21}NO_3$, $M = 299,36$ g/mol) a bűnügyi vegyész a fagyáspont-csökkenés mérése alapján?

$$\Delta T_f = i \cdot k_f \cdot c_R \quad c_R = \frac{n_{\text{por}}}{m_{\text{oldószer}}} = \frac{m_{\text{por}}}{M_{\text{por}} \cdot m_{\text{benzin}}}$$

ahhoz, hogy el lehessen dönteni, meg kell nézni, hogy a moláris tömegeket behelyettesítve a mért ΔT határon belül lesznek-e az eredmények

kodeinre a szélsőséges értékek:

$$\Delta T_f = 1 \cdot 5,12 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 1,21 \text{ g} / (299,36 \text{ g/mol} \cdot 0,01561 \text{ kg}) = 1,33 \text{ °C}$$

$$\Delta T_f = 1 \cdot 5,12 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 1,23 \text{ g} / (299,36 \text{ g/mol} \cdot 0,01559 \text{ kg}) = 1,37 \text{ °C}$$

kokainra a szélsőséges értékek:

$$\Delta T_f = 1 \cdot 5,12 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 1,21 \text{ g} / (303,35 \text{ g/mol} \cdot 0,01561 \text{ kg}) = 1,31 \text{ °C}$$

$$\Delta T_f = 1 \cdot 5,12 \text{ °C} \cdot \text{kg/mol} \cdot 1,23 \text{ g} / (303,35 \text{ g/mol} \cdot 0,01559 \text{ kg}) = 1,33 \text{ °C}$$

mivel mind a négy számított eredmény a megadott adathatáron belül van, ezért sem alkalmas ez a módszer. Azért sem, mert van más egyszerűbb eljárás!

9. Melyik anyag hatékonyabb a téli utak sózására 1,00 kg karbamid (H_2NCONH_2) vagy nátrium-klorid (NaCl) vagy nátrium-szulfát (Na_2SO_4). Melyik a legkevésbé környezetszennyező?

a hatékonyságot a fagyáspont csökkenés mértéke szabja meg: $\Delta T_f = i \cdot k_f \cdot c_R$

vagyis az ionok számának és a moláris tömegnek nagyobb aránya adja a hatékonyságot:

$$\text{karbamid: } 1/60,05 \text{ g/mol} = 0,0167$$

$$\text{NaCl: } 2/58,44 \text{ g/mol} = \mathbf{0,0344}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4: 3/142,05 \text{ g/mol} = 0,0211$$

A karbamid a legkevésbé környezetszennyező, mert nem tartalmaz növényre és környezetre káros (korrozív) ionokat.