

2. Molová hmotnosť a koncentrácie

Jedna zo základných veličín medzinárodnej sústavy jednotiek SI je látkové množstvo. Jednotkou v SI sústave pre túto veličinu je mol. Konštanta, ktorá vyjadruje, že na látkové množstvo rovné 1 mol pripadá $6,0225 \cdot 10^{23}$ počet elementárnych jednotiek, sa nazýva Avogadrova konštanta

$$N_A = 6,0225 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad (2.1)$$

Látkové množstvo sa prepočítava na hmotnosť látky a opačne pomocou molovej hmotnosti, ktorá, ako vystihuje samotný názov tejto veličiny, udáva hmotnosť 1 molu v gramoch alebo hmotnosť 1 kilomolu v kilogramoch. Číselne molová hmotnosť sa rovná pomernej molekulovej hmotnosti.

Molovú hmotnosť vypočítame zo vzťahu

$$M_i = A_r(i) \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol} \quad (2.2)$$

kde $A_r(i)$ je pomerná molekulová hmotnosť, ktorú vypočítame pomocou pomerných atómových hmotností podľa nasledujúceho vzťahu

$$A_r(i) = \sum_i n_i \cdot A_i \quad (2.3)$$

n_i je počet prvkov v molekule,

A_i - pomerná atómová hmotnosť prvku, ktorá je dostupná v tabuľkách.

Medzi látkovým množstvom n_i , hmotnosťou m_i a molovou hmotnosťou M_i danej látky i platí vzťah

$$m_i = n_i \cdot M_i \quad (2.4)$$

Keď danú látku predstavuje zmes chemických indivíduí so známymi molovými hmotnosťami, potom priemernú molovú hmotnosť zmesi vypočítame takto:

1. Ak zloženie zmesi je udané v absolútnych molových zlomkoch

$$M_z = \sum_i M_i \cdot c_i^n \quad (2.5)$$

2. Ak zloženie zmesi je udané v absolútnych hmotnostných zlomkoch

$$\frac{1}{M_z} = \sum_i \frac{c_i^m}{M_i} \quad (2.6)$$

kde M_i je molová hmotnosť zložky i ,

c_i^n - absolútny molový zlomok zložky i ,

c_i^m - absolútny hmotnostný zlomok zložky i .

Pojem koncentrácie je neoddeliteľnou súčasťou všetkých výpočtov, ako sú látkové a energetické bilancie, výpočty termodynamických vlastností sústav atď. Všetky typy koncentrácie možno zahrnúť pod jednu spoločnú definíciu:

Koncentrácia látky v sústave je pomerné množstvo jednej látky (zložky, komponenty a pod.) vzťahované buď na celkové množstvo všetkých látok v sústave (tzv. koncentrácie celkové, absolútne), alebo len na množstvo niektorých látok v sústave (koncentrácie čiastkové, relatívne).

Absolútne koncentrácie látky i v sústave vypočítame ako podiel

$$c_i = \frac{[\text{množstvo látky } i]}{[\text{množstvo všetkých zložiek } i=1,2,3,\dots,k \text{ v sústave}]} \quad (2.7)$$

Relatívne koncentrácie látky i v sústave vypočítame ako podiel

$$C_i = \frac{[\text{množstvo látky } i]}{[\text{množstvo niektorých látok v sústave}]} \quad (2.8)$$

Množstvo látky i v podstate môže byť: hmotnosť látky, objem látky a látkové množstvo.

Rôzne koncentrácie zložky i v sústave sú v tab. 2.1 a 2.2.

Tabuľka 2.1

Absolútne koncentrácie

| Symbol | Definícia | Rozmer | Názov | Bežné označenie |
|------------|----------------------------|-----------------------|--|----------------------------------|
| c_i^m | $= \frac{m_i}{\sum_i m_i}$ | [1] | hmotnostný zlomok | $\bar{x}_i, \bar{y}_i, a_i, w_i$ |
| c_i^n | $= \frac{n_i}{\sum_i n_i}$ | [1] | molový zlomok | x_i, y_i, z_i |
| c_i^v | $= \frac{V_i}{\sum_i V_i}$ | [1] | objemový zlomok | |
| c_i^{mV} | $= \frac{m_i}{V}$ | [kg/m ³] | hmotnostná objemová koncentrácia - parciálna hustota | ρ_i |
| c_i^{nV} | $= \frac{n_i}{V}$ | [mol/m ³] | molová objemová koncentrácia - molarita | c_i |

Relatívne koncentrácie (vzťahované na zložku s)

| Symbol | Definícia | Rozmer | Názov | Najbežnejšie označenie |
|----------------|---------------------|----------------------|--|-----------------------------------|
| $C_{i,s}^m$ | $= \frac{m_i}{m_s}$ | [1] | relatívny hmotnostný zlomok | $\bar{X}_i, \bar{Y}_i, \bar{Z}_i$ |
| $C_{i,s}^n$ | $= \frac{n_i}{n_s}$ | [1] | relatívny molový zlomok | X_i, Y_i, Z_i |
| $C_{i,s}^V$ | $= \frac{V_i}{V_s}$ | [1] | relatívny objemový zlomok | |
| $C_{i,s}^{mV}$ | $= \frac{m_i}{V_s}$ | [kg/m ³] | relatívna hmotnostná objemová koncentrácia | |
| $C_{i,s}^{nm}$ | $= \frac{n_i}{m_s}$ | [mol/kg] | molová hmotnostná koncentrácia - - molarita | |

Prepočet zloženia zmesi možno uskutočniť dvoma metódami:

- Volí sa základ prepočtu, najčastejšie 100 jednotiek množstva zmesi v tých jednotkách, ktoré sú v menovateli známej koncentrácie. Ak je napr. daný absolútny hmotnostný zlomok, volíme ako základ na prepočet množstvo v kg, $\sum_i m_i = 100$ kg. Ak je daný absolútny molový zlomok, volíme ako základ na prepočet množstva v moloch, $\sum_i n_i = 100$ mol.
- Pri tejto metóde sa hľadá vzťah medzi neznámou a známou koncentráciou. Vychádza sa z definičnej rovnice neznámej (hľadanej) koncentrácie. Túto definičnú rovnicu ekvivalentne upravíme tak, aby sa na pravej strane rovnice objavili známe veličiny.

Príklad 2.1

Treba vypočítať molovú hmotnosť kyseliny sírovej (H₂SO₄).

Riešenie

Z tab. I. uvedenej v prílohe odčítame hodnoty pomerných atómových hmotností H, S a O. Výpočet pomernej molekulovej hmotnosti H₂SO₄ sa robil podľa vzťahu (2.3) a je uvedený v tab. 2.3.

Tabuľka 2.3

| Prvok i | Počet atómov n_i | Pomerná atómová hmotnosť prvku $A(i)$ | $n_i A_i$ |
|--------------------------------|-----------------------|---|---|
| H | 2 | 1,00797 | 2,01594 |
| S | 1 | 32,064 | 32,064 |
| O | 4 | 15,9994 | 63,9976 |
| Pomerná molekulová hmotnosť | | | $A_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,07754$ |

Molová hmotnosť H_2SO_4 podľa rovnice (2.2) je

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = A_r(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \underline{\underline{98,07754 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}}} = 98,07754 \text{ kg/kmol}$$

Príklad 2.2

Vypočítajte strednú molovú hmotnosť vzduchu. Zloženie vzduchu v mol %: 78,09 N_2 ; 20,95 O_2 ; 0,95 Ar; 0,03 CO_2 .

Riešenie

Strednú molovú hmotnosť vypočítame zo vzťahu (2.5), lebo zloženie je dané v mol. %. Molový zlomok z molových percent dostaneme ako

$$c_i^n = \text{mol \%} \cdot 10^{-2}$$

Molové hmotnosti N_2 , O_2 , Ar, CO_2 možno vypočítať obdobným spôsobom, ako sme to ukázali v príklade 2.1, alebo si ich môžeme vyhľadať v tabuľkách. Jednotlivé údaje a výpočet je uvedený v tab. 2.4.

Tabuľka 2.4

| Zložky i | mol. % i | c_i^n | M_i [kg/kmol] | $c_i M_i$ [kg/kmol] |
|---------------|---------------|---------|----------------------------|------------------------|
| N_2 | 78,09 | 0,7809 | 28,013 | 21,8754 |
| O_2 | 20,95 | 0,2095 | 31,999 | 6,7038 |
| Ar | 0,93 | 0,0093 | 39,948 | 0,3715 |
| CO_2 | 0,03 | 0,0003 | 44,010 | 0,0132 |
| Σ | 100,00 | 1,0000 | $M_{\text{VZD.}} = 28,964$ | |

Molová hmotnosť vzduchu je $M_{\text{VZD.}} = 28,964 \text{ kg/kmol}$.

Príklad 2.3

Vypočítajte strednú molovú hmotnosť zmesi, zloženej z 20 hm. % benzénu (C_6H_6), 35 hm. % toluénu (C_7H_8) a 45 hm. % o-xylénu (C_8H_{10}).

Riešenie

Hmotnostý zlomok z hmotnostných percent dostaneme ako

$$c_i^m = \text{hm. \%} \cdot 10^{-2}$$

Molové hmotnosti čistých látok odčítame z tabuliek II (Príloha).

$$M_{C_6H_6} = 78,114 \text{ kg/kmol}; M_{C_7H_8} = 92,141 \text{ kg/kmol}; M_{C_8H_{10}} = 106,168 \text{ kg/kmol}$$

Strednú molovú hmotnosť zmesi vypočítame zo vzťahu (2.6)

$$\frac{1}{M_z} = \sum_i \frac{c_i^m}{M_i} = \left(\frac{0,2}{78,114} + \frac{0,35}{92,141} + \frac{0,45}{106,168} \right) \frac{\text{kmol}}{\text{kg}} = 10,5975 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/kg}$$

$$\underline{\underline{M_z = 94,362 \text{ kg/kmol}}}$$

Príklad 2.4

Roztok látok obsahuje 145 kg etylalkoholu (C_2H_5OH) a 655 kg vody (H_2O). Vypočítajte absolútne hmotnostné a molové zlomky zložiek.

Riešenie

Zavedieme označenie jednotlivých zložiek: C_2H_5OH - A, H_2O - B. Výpočet koncentrácií uskutočníme po dosadení do definičných rovníc za príslušné hmotnosti, prípadne látkové množstvá.

a) Absolútny hmotnostný zlomok zložky A a zložky B

$$c_A^m = \frac{m_A}{m_A + m_B} = \frac{145}{145 + 655} = 0,18125; c_B^m = 1 - c_A^m = \underline{\underline{0,81875}}$$

b) Absolútny molový zlomok zložky A a zložky B

Najprv hmotnosť zložiek prepočítame na látkové množstvo pomocou vzťahu (2.4).

Molové hmotnosti určíme z tab.: $M_A = 46,08 \text{ kg/kmol}$

$M_B = 18,015 \text{ kg/kmol}$

Látkové množstvo C_2H_5OH : $n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{145}{46,08} \text{ kmol} = 3,147 \text{ kmol}$

$$\text{Látkové množstvo } H_2O: n_B = \frac{m_B}{M_B} = \frac{655}{18,015} \text{ kmol} = 36,359 \text{ kmol}$$

$$\text{Absolútny molový zlomok } C_2H_5OH: c_A^n = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{3,147}{3,147 + 36,359} = \underline{\underline{0,0797}}$$

$$\text{Absolútny molový zlomok } H_2O: c_B^n = 1 - c_A^n = 1 - 0,0797 = \underline{\underline{0,9203}}$$

Príklad 2.5

Roztok kyseliny dusičnej (HNO_3 - A) vo vode (H_2O - B) pri $20^\circ C$ obsahuje 56 hm. % HNO_3 . Hustota roztoku je 1345 kg/m^3 . Prepočítajte koncentráciu na:

- absolútny molový zlomok,
- relatívny hmotnostný zlomok ($\text{kg } HNO_3/\text{kg } H_2O$),
- relatívny molový zlomok ($\text{mol } HNO_3/\text{mol } H_2O$),
- hmotnostnú objemovú koncentráciu,
- molovú objemovú koncentráciu - molaritu,
- molovú hmotnostnú koncentráciu - molalitu.

Riešenie

Za základ prepočtu koncentrácií zvolíme 100 kg roztoku. Vypočítame hmotnosť a látkové množstvo kyseliny dusičnej (A) a vody (B):

$$m_A = \sum_i m_i \cdot c_A^m = 100 c_A^m \qquad n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{100 c_A^m}{M_A}$$

$$m_B = \sum_i m_i \cdot c_B^m = 100 c_B^m \qquad n_B = \frac{m_B}{M_B} = \frac{100 c_B^m}{M_B}$$

$$\text{Objem roztoku určíme z rovnice } v = \frac{\sum m_i}{\rho} = \frac{100}{\rho}$$

Molové hmotnosti: $M_A = 62,997 \text{ kg/kmol}$; $M_B = 18,015 \text{ kg/kmol}$

Prepočítavacie vzťahy získame dosadením do definičných rovníc jednotlivých koncentrácií za hmotnosť, látkové množstvo a objem roztoku.

- Absolútny molový zlomok

$$c_A^n = \frac{n_A}{\sum_i n_i} = \frac{\frac{100 c_A^m}{M_A}}{\sum_i \frac{100 c_i^m}{M_i}} = \frac{\frac{c_A^m}{M_A}}{\sum_i \frac{c_i^m}{M_i}} = \frac{\frac{0,56}{62,997}}{\frac{0,56}{62,997} + \frac{0,44}{18,015}} = \underline{\underline{0,2668}}$$

b) Relatívny hmotnostný zlomok

$$\underline{\underline{c_A^m}} \equiv \frac{m_A}{m_B} = \frac{100 \cdot c_A^m}{100 \cdot c_B^m} = \frac{c_A^m}{c_B^m} = \frac{0,56}{0,44} = \underline{\underline{1,273}}$$

c) Relatívny molový zlomok

$$\underline{\underline{c_A^n}} \equiv \frac{n_A}{n_B} = \frac{100 \cdot c_A^m \cdot M_B}{M_A \cdot 100 \cdot c_B^m} = \frac{c_A^m \cdot M_B}{c_B^m \cdot M_A} = \frac{0,56 \cdot 18,015}{0,44 \cdot 62,997} = \underline{\underline{0,364}}$$

d) Hmotnosť objemová koncentrácia

$$\underline{\underline{c_A^{m,V}}} \equiv \frac{m_A}{V} = \frac{100 \cdot c_A^m}{100} = \rho \cdot c_A^m = 1345 \cdot 0,56 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \underline{\underline{753,2 \text{ kg/m}^3}}$$

e) Molová objemová koncentrácia - molarita

$$\underline{\underline{c_A^{n,V}}} \equiv \frac{n_A}{V} = \frac{\frac{100 \cdot c_A^m}{M_A}}{\frac{100}{\rho}} = \rho \cdot \frac{c_A^m}{M_A} = 1345 \cdot \frac{0,56}{62,997 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = \underline{\underline{11,956 \cdot 10^3 \text{ mol/m}^3}}$$

f) Molová hmotnostná koncentrácia - molalita

$$\underline{\underline{c_A^{n,m}}} \equiv \frac{n_A}{m_B} = \frac{\frac{100 \cdot c_A^m}{M_A}}{100 \cdot c_B^m} = \frac{c_A^m}{c_B^m \cdot M_A} = \frac{0,56}{0,44 \cdot 62,997 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{mol}}{\text{kg}} = \underline{\underline{20,203 \text{ mol/kg}}}$$

Príklad 2.6

Roztok chloridu amónneho (NH_4Cl - A) vo vode (H_2O - B) pri 20°C obsahuje 8,75 mol. % NH_4Cl . Hustota roztoku je 1062 kg/m^3 . Prepočítajte koncentrácie na:

a) absolútny hmotnostný zlomok,

b) relatívny hmotnostný zlomok ($\text{kg NH}_4\text{Cl/kg H}_2\text{O}$),

- c) relatívny molový zlomok (mol NH_4Cl /mol H_2O),
 d) hmotnostnú objemovú koncentráciu,
 e) molovú objemovú koncentráciu - molaritu,
 f) molovú hmotnostnú koncentráciu - molalitu.

Riešenie

Najprv si odvodíme prepočítavací vzťah medzi príslušnými koncentraciami a potom vypočítame danú koncentráciu.

Označenie zložiek: chlorid amónny NH_4Cl - A; voda H_2O - B

Molové hmotnosti: $M_A = 53,492 \text{ kg/kmol}$; $M_B = 18,015 \text{ kg/kmol}$.

a) Absolútny hmotnostný zlomok

$$c_A^m \equiv \frac{m_A}{\sum_i m_i} = \frac{n_A \cdot M_A}{\sum_i n_i \cdot M_i} = \frac{c_A^n \cdot M_A}{\sum_i c_i^n \cdot M_i} = \frac{0,0875 \cdot 53,492}{0,0875 \cdot 53,492 + 0,9125 \cdot 18,015} = \underline{\underline{0,2216}}$$

b) Relatívny hmotnostný zlomok

$$c_A^m \equiv \frac{m_A}{m_B} = \frac{n_A M_A}{n_B M_B} = \frac{c_A^n \cdot M_A}{c_B^n \cdot M_B} = \frac{0,0875 \cdot 53,492}{0,9125 \cdot 18,015} = \underline{\underline{0,2847}}$$

c) Hmotnostné objemová koncentrácia

$$c_A^{m,V} \equiv \frac{m_A}{V} = \frac{n_A \cdot M_A}{\frac{m_A + m_B}{\rho}} = \frac{n_A \cdot M_A}{n_A \cdot M_A + n_B \cdot M_B} \cdot \rho = \frac{c_A^n \cdot M_A}{\sum_i c_i^n \cdot M_i} \cdot \rho = \frac{0,0875 \cdot 53,492}{0,0875 \cdot 53,492 + 0,9125 \cdot 18,015} \cdot 1062 \text{ kg/m}^3 = \underline{\underline{235,37 \text{ kg/m}^3}}$$

e) Molová objemová koncentrácia - molarita

$$c_A^{n,V} \equiv \frac{n_A}{V} = \frac{n_A}{n_A \cdot M_A + n_B \cdot M_B} \cdot \rho = \frac{c_A^n}{\sum_i c_i^n \cdot M_i} \cdot \rho = \frac{0,0875 \cdot 1062}{0,0875 \cdot 53,492 \cdot 10^{-3} + 0,9125 \cdot 18,015 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = \underline{\underline{4,4 \cdot 10^3 \text{ mol/m}^3}}$$

f) Molová hmotnostná koncentrácia - molalita

$$\underline{\underline{c_A^{n,m}}} \equiv \frac{n_A}{m_B} = \frac{n_A}{n_B \cdot M_B} = \frac{c_A^n}{c_B^n \cdot M_B} = \frac{0,0875}{0,9125 \cdot 18,015 \cdot 10^{-3}} \frac{\text{mol}}{\text{kg}} = \underline{\underline{5,32 \text{ mol/kg}}}$$

Príklad 2.7

Zmes plynov pri 15 °C a 0,098 MPa má nasledujúce zloženie: 20 obj. % CO; 4 obj. % CO₂; 6 obj. % CH₄; 0,5 obj. % O₂; 67,5 obj. % N₂; 2 obj. % H₂O. Prepočítajte koncentrácie na:

- absolútny molový zlomok,
- absolútny hmotnostný zlomok,
- relatívny molový zlomok (mol i/mol N₂),
- relatívny hmotnostný zlomok (kg i/kg N₂),
- molovú objemovú koncentráciu,
- hmotnostnú objemovú koncentráciu,
- parciálny tlak.

Riešenie

Ak zmes plynov sa správa stavovo ideálne, potom možno písať pre:

a) Absolútny molový zlomok

$$\underline{\underline{c_i^n}} \equiv \frac{n_i}{\sum_i n_i} = \frac{\frac{PV_i}{RT}}{\frac{PV}{RT}} = \frac{V_i}{V} = \underline{\underline{c_i^V}}$$

t.j. absolútne objemové zlomky sú totožné s absolútnymi molovými zlomkami.

b) Absolútny hmotnostný zlomok

$$\underline{\underline{c_i^m}} \equiv \frac{m_i}{\sum_i m_i} = \frac{\frac{PV_i M_i}{RT}}{\frac{PVM_z}{RT}} = \frac{V_i M_i}{V M_z} = c_i^V \cdot \frac{M_i}{M_z} = \underline{\underline{\frac{c_i^V \cdot M_i}{\sum_i c_i^V \cdot M_i}}}$$

c) Relatívny molový zlomok

$$\underline{\underline{c_{i,I}^n}} \equiv \frac{n_i}{n_I} = \frac{\frac{PV_i}{RT}}{\frac{PV_I}{RT}} = \frac{V_i}{V_I} = \underline{\underline{\frac{c_i^V}{c_I^V}}}$$

d) Relatívny hmotnostný zlomok

$$\underline{\underline{c_{i,I}^m}} = \frac{m_i}{m_I} = \frac{V_i M_i}{V_I M_I} = \frac{c_{i,I}^V \cdot M_i}{c_{I,I}^V \cdot M_I}$$

e) Molová objemová koncentrácia

$$\underline{\underline{c_i^{n,V}}} = \frac{n_i}{V} = \frac{\frac{PV_i}{RT}}{V} = \frac{P}{RT} c_i^V$$

f) Hmotnostná objemová koncentrácia

$$\underline{\underline{c_i^{m,V}}} = \frac{m_i}{V} = \frac{PV_i M_i}{RT V} = \frac{P}{RT} c_{i,I}^V M_i$$

g) Parciálny tlak

$$P_i = P \cdot \underline{\underline{c_i^n}} = P \cdot \underline{\underline{c_i^V}}, \quad \text{resp.} \quad P_i = \frac{n_i RT}{V} = \underline{\underline{c_i^{n,V} \cdot RT}}$$

Prepočet koncentrácií podľa odvodených vzťahov je uvedený v tab. 2.5.

Tabuľka 2.5

| i | $c_i^V = c_i^n$ [1] | M_i [kg/kmol] | c_i^m [1] | $C_{i,I}^n$ [1] | $C_{i,I}^m$ [1] | $c_i^{n,V}$ [mol/m ³] | $c_i^{m,V}$ [kg/m ³] | P_i [kPa] |
|--------------------|------------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| CO A | 0,200 | 28,010 | 0,2018 | 0,2963 | 0,2963 | 8,181 | $1,369 \cdot 10^{-4}$ | 19,60 |
| CO ₂ B | 0,040 | 44,010 | 0,0634 | 0,0593 | 0,0931 | 1,636 | $0,430 \cdot 10^{-4}$ | 3,92 |
| CH ₄ C | 0,060 | 16,043 | 0,0347 | 0,0889 | 0,0509 | 2,454 | $0,235 \cdot 10^{-4}$ | 5,88 |
| O ₂ D | 0,005 | 31,999 | 0,0058 | 0,0074 | 0,0085 | 0,205 | $0,039 \cdot 10^{-4}$ | 0,49 |
| H ₂ O E | 0,020 | 18,015 | 0,0130 | 0,0296 | 0,0191 | 0,818 | $0,088 \cdot 10^{-4}$ | 1,96 |
| N ₂ I | 0,675 | 28,013 | 0,6813 | 1,0000 | 1,0000 | 27,612 | $4,622 \cdot 10^{-4}$ | 66,15 |
| Σ | 1,000 | - | 1,0000 | - | - | 40,906 | $6,783 \cdot 10^{-4}$ | 98,00 |

Úlohy

- 2.1 Koľko kg CaCO_3 (A) s hustotou 2200 kg/m^3 treba pridať do $1000 \text{ kg H}_2\text{O}$ (hustoty 1000 kg/m^3), aby sme získali suspenziu s hustotou 1150 kg/m^3 . Pre danú suspenziu vypočítajte absolútny hmotnostný zlomok CaCO_3 . Predpokladajte, že CaCO_3 je vo vode dokonale nerozpustný.

$$(m_A = 31,43 \text{ kg}; c_A^m = 0,2391; c_A^n = 0,0535)$$

- 2.2 Roztok chloridu zinočnatého (ZnCl_2) vo vode pri 20°C obsahuje $45 \text{ hm.}\%$ ZnCl_2 . Hustota roztoku je 1489 kg/m^3 . Prepočítajte koncentráciu na:

- absolútny molový zlomok,
- relatívny hmotnostný zlomok ($\text{kg ZnCl}_2/\text{kg H}_2\text{O}$),
- relatívny molový zlomok ($\text{mol ZnCl}_2/\text{mol H}_2\text{O}$),
- hmotnostnú objemovú koncentráciu,
- molovú objemovú koncentráciu.

$$(c_A^n = 0,0973; c_A^m = 0,818; c_A^n = 0,108; c_A^{m,V} = 669 \text{ kg/m}^3;$$

$$c_A^{n,V} = 4,93 \text{ kmol/m}^3)$$

- 2.3 Zmes dusíka a vodíka obsahuje $25 \text{ mol.}\%$ N_2 . Vypočítajte zloženie v hmotnostných percentách a molovú objemovú koncentráciu pri $T_0 = 273,15 \text{ K}$ a $P_0 = 101,325 \text{ kPa}$.

$$(c_{\text{N}_2}^m \cdot 10^2 = 82,24 \%; c_{\text{N}_2}^{n,V} = 11,15 \text{ mol/m}^3)$$

- 2.4 Zmes plynov obsahuje $6,3 \text{ obj.}\%$ O_2 ; $14,6 \text{ obj.}\%$ SO_2 a $79,1 \text{ obj.}\%$ N_2 pri teplote 200°C a tlaku $101,3 \text{ kPa}$. Vypočítajte absolútny hmotnostný zlomok, molovú objemovú koncentráciu a hmotnostnú objemovú koncentráciu SO_2 .

$$(c_{\text{SO}_2}^n = 0,279; c_{\text{SO}_2}^{n,V} = 3,760 \text{ mol/m}^3; c_{\text{SO}_2}^{m,V} = 0,2409 \text{ kg/m}^3)$$

- 2.5 Zmes amoniaku so vzduchom so zložením $21,1 \text{ mol.}\%$ O_2 , $69,8 \text{ mol.}\%$ N_2 a $9,1 \text{ mol.}\%$ NH_3 prepočítajte na hmotnostné %.

$$(24,2 \text{ hm.}\% \text{ O}_2; 70,2 \text{ hm.}\% \text{ N}_2; 5,6 \text{ hm.}\% \text{ NH}_3)$$

- 2.6 Zmiešaním 50 l benzénu (C_6H_6 - A), 30 l toluénu (C_7H_8 - B) a 20 l xy-lénu (C_8H_{10} - C) získame kvapalný roztok hustoty $878,6 \text{ kg/m}^3$. Vyjadrite zloženie roztoku: absolútnym hmotnostným zlomkom, absolútnym molovým zlomkom a hmotnostnou objemovou koncentráciou jednotlivých zložiek.

$$(c_A^m = 0,5036; c_A^n = 0,5583; c_A^{m,V} = 442,5 \text{ kg/m}^3)$$

- 2.7 Na spaľovanie uhlia sa použije vzduch, ktorý obsahuje 10,1 g H₂O na 1 kg suchého vzduchu. Vyjadrite absolútny hmotnostný zlomok, absolútny molový zlomok, relatívny hmotnostný zlomok a relatívny molový zlomok vody vo vzduchu.

(0,01; 0,0159; 0,0101; 0,0162)

- 2.8 V tabuľke sú uvedené vodné roztoky látok. Pri danej teplote t [°C] je hustota roztoku ρ [kg/m³] s hmotnostnou koncentráciou $c_i^m \cdot 10^2$ [%]. Vypočítajte koncentráciu uvedenú v tab. 2.6.

Tabuľka 2.6

| č. | Látka i | | hm. % | t [°C] | ρ [kg/m ³] | Vypočítajte koncentráciu | |
|-----|------------------|---|-------|--------|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | | c_i^n | c_i^m |
| 1. | Chlorid železitý | FeCl ₃ | 20 | 20 | 1182 | c_i^n | c_i^n |
| 2. | Síran hlinitý | Al ₂ (SO ₄) ₃ | 20 | 15 | 1227,2 | c_i^m | $c_i^{n,V}$ |
| 3. | Amoniak | NH ₃ | 16 | 20 | 936,2 | c_i^n | $c_i^{n,V}$ |
| 4. | Chlorid amónny | NH ₄ Cl | 8 | 10 | 1025,1 | $c_i^{n,V}$ | $c_i^{m,V}$ |
| 5. | Dusičnan amónny | NH ₄ NO ₃ | 50 | 25 | 1222,9 | $c_i^{n,m}$ | $c_i^{n,V}$ |
| 6. | Síran meďnatý | CuSO ₄ | 12 | 20 | 1130,8 | c_i^n | c_i^n |
| 7. | Chlorid draselný | KCl | 20 | 20 | 1132,8 | $c_i^{n,V}$ | $c_i^{m,V}$ |
| 8. | Uhličitan sodný | Na ₂ CO ₃ | 20 | 30 | 1208,6 | c_i^m | c_i^n |
| 9. | Hydroxid sodný | NaOH | 20 | 20 | 1219,1 | c_i^n | $c_i^{n,m}$ |
| 10. | Kyselina sírová | H ₂ SO ₄ | 40 | 20 | 1302,8 | $c_i^{n,V}$ | c_i^n |
| 11. | Kyselina octová | C ₄ H ₃ COOH | 20 | 20 | 1026,3 | $c_i^{m,V}$ | c_i^n |
| 12. | Metanol | CH ₃ OH | 50 | 0 | 928,7 | $c_i^{n,m}$ | c_i^m |
| 13. | Etanol | C ₂ H ₅ OH | 50 | 40 | 897,5 | $c_i^{m,V}$ | c_i^n |
| 14. | Glycerol | C ₃ H ₈ O ₃ | 20 | 20 | 1047 | $c_i^{m,V}$ | c_i^{nV} |

- 2.9 Zmes vodnej pary a vzduchu obsahuje 25 m³ H₂O, 15,75 m³ O₂ a 59,25 m³ N₂. Vypočítajte absolútne objemové, molové a hmotnostné zlomky.

$$c_{H_2O}^V = 0,25 \quad c_{H_2O}^n = 0,25 \quad c_{H_2O}^m = 0,23$$

- 2.10 Roztok uhličitanu draselného (K₂CO₃) vo vode pri 20 °C má hmotnostnú objemovú koncentráciu 770 kg/m³. Hustota vodného roztoku je 1540 kg/m³. Vypočítajte relatívny molový a hmotnostný zlomok K₂CO₃ vo vodnom roztoku.

$$(c_i^n = 0,13; c_i^m = 1,0)$$