Fractionele concentraties

De 'gewone' concentratie geeft de hoeveelheid opgeloste stof per *volume* oplossing weer, maar de hoeveelheid oplossing kan bijvoorbeeld ook uitgedrukt worden als massa of aantal mol. Daarom worden ook verschillende **fractionele concentraties** gedefinieerd die de fractie (of het deel) van de opgeloste stof weergeven in de oplossing

$$\text{fractionele concentratie} = \frac{\text{hoeveelheid opgeloste stof}}{\text{hoeveelheid oplossing}}$$

Zowel de hoeveelheid opgeloste stof als de hoeveelheid oplossing kan op verschillende manieren worden uitgedrukt: in massa, volume of mol, en dat leidt tot volgende *fractionele* concentraties. Traditioneel drukt men de fractionele concentraties met massa en volume uit als een percentage en die met mol als een echte 'fractie', dus als een verhouding met waarde tussen 0 en 1.

Het **massaprocent** $m_{\%\mathrm{A}}$ is de *massa* m_A van stof A gedeeld door de totale *massa* m_tot van het mengsel, als percentage:

$$m\%_\mathrm{A} = \frac{m_\mathrm{A}}{m_\mathrm{tot}} \cdot 100\,\%$$

Het **volumeprocent** $V_{\%\mathrm{A}}$ is het *volume* V_A van stof A gedeeld door het totale *volume* V_tot van het mengsel:

$$V\%_\mathrm{A} = \frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{tot}} \cdot 100\,\%$$

Het **massavolumeprocent** $m/V\%_\mathrm{A}$ is de *massa* m_A van stof A gedeeld door het *volume* V_tot van het mengsel:

$$m/V\%_\mathrm{A} = \frac{m_\mathrm{A}}{V_\mathrm{tot}} \cdot 100\,\%$$

Massa en volume **moeten** hierbij uitgedrukt zijn in **gram en milliliter**, of in eenheden die hiermee op eenzelfde veelvoud na overeenkomen, zoals kg en L.

Zowel massaprocent, volumeprocent en massavolumepercent hebben een waarde tussen $0\,\%$ en $100\,\%$ en zijn dimensieloos.

(a) Een waterige oplossing met een massaprocent van $98\,\%$ $\mathrm{H_2SO_4}$ (zwavelzuur) bevat per $100\,\mathrm{g}$ oplossing $98\,\mathrm{g}$ $\mathrm{H_2SO_4}$.

(b) $100\,\mathrm{mL}$ van een waterige oplossing die $5\,\mathrm{mL}$ ethanol ($\mathrm{C_2H_5OH}$) bevat, heeft een volumeprocent van $5\,\%$ ethanol in water.

(c) Een oplossing van $8\,\mathrm{g}$ suiker per liter heeft een massavolumeprocent van $\frac{8\,\mathrm{g}}{1000\,\mathrm{mL}} \cdot 100 = 0{,}8\,\%$.

De fractionele concentraties zijn hier in procent (%) gedefinieerd, maar kunnen ook in promille (‰), parts per million (ppm) of parts per billion (ppb) weergegeven worden.

De promille, de ppm en de ppb zijn per definitie het aantal delen opgeloste stof respectievelijk per duizend (10^{-3}), per miljoen (10^{-6}) en per miljard (10^{-9}) delen oplossing. Deze delen kunnen uitgedrukt worden in massadelen, in volumedelen of zelfs in massa- per volumedelen. Promille, ppm en ppb zijn per definitie dimensieloos.

(a) Ethyleenglycol is dodelijk vanaf een dosis van $400\,\mathrm{mg}$ per kg lichaamsgewicht of nog, vanaf $0{,}4$ promille of $400\,\mathrm{ppm}$.

(b) Het alcoholgehalte in ons bloed bepalen we via de hoeveelheid gram alcohol per liter bloed. In België mag een bestuurder op de openbare weg niet meer dan $0{,}5$ promille ($m/V‰$) alcohol in het bloed bezitten. Deze waarde stemt overeen met een maximale hoeveelheid van $0{,}5\,\mathrm{g}$

CC BY-NC-SA 4.0

alcohol per liter bloed.

(c) Als leidingwater een loodgehalte heeft van $15\,\mathrm{ppb}$ betekent dit dat 1 liter leidingwater $15\,\mu\mathrm{g}$ Pb bevat.

Naast de bovenstaande fractionele concentraties die ook veel in het dagelijks leven worden gebruikt, maakt men in de chemie ook veel gebruik van de molfractie.

De **molfractie** X_A is het aantal *mol* n_A van stof A gedeeld door totaal aantal *mol* n_tot mengsel:

$$X_\mathrm{A} = \frac{n_\mathrm{A}}{n_\mathrm{tot}}$$

De molfractie heeft steeds een getalwaarde tussen 0 en 1 en is dimensieloos.
De som van alle molfracties van een mengsel is steeds gelijk aan 1.

Voor een oplossing van $5\,\mathrm{g}$ chloormethaan ($\mathrm{CH_3Cl}$) in $500\,\mathrm{g}$ benzeen ($\mathrm{C_6H_6}$) vind je als volgt de molfracties:

$$n(\mathrm{CH_3Cl}) = \frac{m(\mathrm{CH_3Cl})}{M(\mathrm{CH_3Cl})} = \frac{5\,\mathrm{g}}{50{,}48\,\mathrm{g/mol}} = 0{,}10\,\mathrm{mol} \qquad n(\mathrm{C_6H_6}) = \frac{m(\mathrm{C_6H_6})}{M(\mathrm{C_6H_6})} = \frac{500\,\mathrm{g}}{78{,}11\,\mathrm{g/mol}} = 6{,}40\,\mathrm{mol}$$

$$X_{\mathrm{CH_3Cl}} = \frac{n_{\mathrm{CH_3Cl}}}{n_\mathrm{tot}} = \frac{0{,}10\,\mathrm{mol}}{0{,}10\,\mathrm{mol} + 6{,}40\,\mathrm{mol}} = 0{,}015 \qquad X_{\mathrm{C_6H_6}} = \frac{n_{\mathrm{C_6H_6}}}{n_\mathrm{tot}} = \frac{6{,}40\,\mathrm{mol}}{0{,}10\,\mathrm{mol} + 6{,}40\,\mathrm{mol}} = 0{,}985$$

Merk op dat inderdaad $X_{\mathrm{C_6H_6}} + X_{\mathrm{CH_3Cl}} = 0{,}015 + 0{,}985 = 1$

Volgende tabel vat de verschillende concentratiegrootheden samen:

concentratiegrootheid	symbool		definitie	eenheden	bereik
molaire *concentratie*	c	$=$	$\frac{n_\mathrm{A}}{V_\mathrm{opl}}$	$\mathrm{mol/L}$	$c > 0$
massa*concentratie*	c_m	$=$	$\frac{m_\mathrm{A}}{V_\mathrm{opl}}$	$\mathrm{g/L}$	$c_m > 0$
fractionele concentraties:					
massa*procent*	$m\%$	$=$	$\frac{m_\mathrm{A}}{m_\mathrm{tot}} \cdot 100\,\%$	dimensieloos	$0 \leqslant m \leqslant 100$
volume*procent*	$V\%$	$=$	$\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{tot}} \cdot 100\,\%$	dimensieloos	$0 \leqslant V \leqslant 100$
massavolume*procent*	$m/V\%$	$=$	$\frac{m_\mathrm{A}}{V_\mathrm{tot}} \cdot 100\,\%$	dimensieloos	$0 \leqslant m/V \leqslant 100$
mol*fractie*	X	$=$	$\frac{n_\mathrm{A}}{n_\mathrm{tot}}$	dimensieloos	$0 \leqslant X \leqslant 1$

Tabel 1 – Overzicht van de verschillende concentratiegrootheden.

waarbij

CC BY-NC-SA 4.0

Fractionele concentraties

n_A	aantal mol van de stof A	n_{tot}	het totaal aantal mol van het mengsel
m_A	de massa van de stof A	m_{tot}	de totale massa van het mengsel
V_A	het volume van de stof A	V_{tot}	het totaal volume van het mengsel

Oefening 1. Bepaal de gevraagde concentratiegrootheden voor een mengsel van $48\,\mathrm{mL}$ aceton C_3H_6Oen $52\,\mathrm{mL}$ water.
De dichtheid van aceton is $784\,\mathrm{g/L}$, die van water is $1000\,\mathrm{g/L}$.

Het massaprocent aceton: ..... %
Het massaprocent water: ..... %
Het volumeprocent aceton:..... %
Het volumeprocent water:..... %
Het massavolumeprocent aceton: ..... %
Het massavolumeprocent water: ..... %
De molfractie aceton: .....
De molfractie water:.....

CC BY-NC-SA 4.0