

Rekenen met molariteiten is vaak wat lastiger dan andere molberekeningen. Je hebt namelijk te maken met:

- zowel een omrekening naar mol als een omrekening naar volume
- bij zouten een molverhouding tussen ionen *in* het zout en een (andere) molverhouding *tussen* ionen die reageren
- verschillende notaties en benamingen voor ‘mol per liter’

In deze oefenopgaven kom je al deze aspecten tegen.

OPGAVE 1

In een verzadigde oplossing van zilversulfaat is 4,5 gram zilversulfaat per liter opgelost. Aan 50 mL van deze oplossing wordt 30 mL 0,0420 M aluminiumchloride-oplossing toegevoegd. Het ontstane neerslag wordt gefiltreerd en gedroogd.

- 01 Bereken hoeveel gram neerslag er gevormd is.
- 02 Bereken de concentraties van alle aanwezige ionen in het filtraat.

OPGAVE 2

Een oplossing van zwavelzuur (H_2SO_4) bevat ionen H^+ en SO_4^{2-} .

Op een voorraadpot zwavelzuur is niet meer te lezen om welke molariteit het gaat. Om dit te achterhalen wordt aan 20,0 mL zwavelzuur een overmaat loodnitraat-oplossing toegevoegd. Het ontstane neerslag wordt gefiltreerd, gewassen en gedroogd. De massa van de neergeslagen stof bedraagt 12,13 gram.

- 03 Bereken de molariteit van de zwavelzuur. Neem aan dat de neergeslagen stof volledig onoplosbaar is.

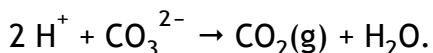
De dichtheid van de zwavelzuuroplossing bedraagt 1,118 kg per L.

- 04 Bereken met massapercentage H_2SO_4 in deze oplossing van zwavelzuur.

OPGAVE 3

Zoutzuur is een oplossing van waterstofchloride in water. De oplossing bevat ionen H^+ en Cl^- .

Wanneer je zoutzuur toevoegt aan een oplossing van natriumcarbonaat treedt de volgende reactie op:



Het ontstane CO_2 -gas kan worden opgevangen.

Een voorraadpot natriumcarbonaat is verontreinigd met natriumsulfaat. Om het percentage van de verontreiniging te bepalen wordt een hoeveelheid van het zout eerst verwarmd om al het mogelijke kristalwater te verwijderen. Daarna wordt 0,267 gram watervrij zout afgewogen en opgelost in water tot een volume van 50,0 mL. Hieraan wordt 15,0 mL 0,800 M zoutzuur toegevoegd. Dit is een overmaat. Het ontstane CO_2 -gas wordt opgevangen: 56,3 mL. De temperatuur bedraagt 20 °C.

- 05 Bereken het massapercentage natriumsulfaat in het verontreinigde natriumcarbonaat.
- 06 Bereken de concentratie van *alle* ionsoorten die na afloop van de reactie aanwezig zijn.

UITWERKINGEN

OPGAVE 1

- 01** In de verzadigde oplossing van zilversulfaat zijn ionen Ag^+ en SO_4^{2-} aanwezig in de verhouding 2 : 1.

Molmassa Ag_2SO_4 : 311,86 g mol⁻¹ (via tabel 99)

Gegeven: 4,5 g Ag_2SO_4 per liter.

$$\text{Aantal mol } \text{Ag}_2\text{SO}_4 \text{ per liter: } \frac{4,5 \text{ g L}^{-1}}{311,86 \text{ g mol}^{-1}} = 0,014 \text{ mol L}^{-1} \triangleq 0,014 \text{ mmol mL}^{-1}$$

$$\text{Aantal mmol } \text{Ag}^+ \text{ in 50 mL} = 2 \times 0,014 \text{ mmol mL}^{-1} \times 50 \text{ mL} = \underline{1,4 \text{ mmol } \text{Ag}^+}.$$

Aan deze oplossing wordt een oplossing van AlCl_3 toegevoegd. Hierin zijn ionen Al^{3+} en Cl^- aanwezig in de verhouding 1 : 3.

De ionen Cl^- reageren met de ionen Ag^+ tot een neerslag van AgCl volgens: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$.

$$\text{Aantal mmol } \text{Cl}^- \text{ in } \text{AlCl}_3: 30 \text{ mL} \times 0,0420 \text{ mmol mL}^{-1} \times 3 = \underline{3,8 \text{ mmol } \text{Cl}^-}.$$

Er is een overmaat aan ionen Cl^- ($3,8 > 1,4$). De hoeveelheid AgCl die ontstaat wordt bepaald door de ondermaat, dus door het aantal mmol Ag^+ .

De molverhouding $\text{Ag}^+ : \text{AgCl} = 1 : 1$, dus ontstaat er $1,4 \text{ mmol } \text{AgCl} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

Molmassa AgCl : 143,32 g mol⁻¹ (tabel 98).

$$\text{Aantal g } \text{AgCl(s)}: 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 143,3 \text{ g mol}^{-1} = \underline{0,21 \text{ g } \text{AgCl}}.$$

- 02** Restant Cl^- : $3,8 - 1,4 = 2,4 \text{ mmol } \text{Cl}^-$ in totaal 80 mL oplossing $\rightarrow [\text{Cl}^-] = \frac{2,4 \text{ mmol}}{80 \text{ mL}} = 0,030 \text{ M}$.

SO_4^{2-} en Al^{3+} hebben niet gereageerd. Hun concentraties nemen af met de verdunningsfactor.

$$\text{Voor } \text{SO}_4^{2-} \text{ is dat } \frac{80 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = 1,6 \rightarrow [\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0,014 \text{ M}}{1,6} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

$$\text{Voor } \text{Al}^{3+} \text{ is dat } \frac{80 \text{ mL}}{30 \text{ mL}} = 2,7 \rightarrow [\text{Al}^{3+}] = \frac{0,0420 \text{ M}}{2,7} = 0,016 \text{ M}.$$

OPGAVE 2

- 03** Er wordt PbSO_4 gevormd volgens: $\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4$.

De ionen SO_4^{2-} zijn afkomstig van zwavelzuur.

Uit de massa van het neerslag kan het aantal mol SO_4^{2-} worden berekend. En hieruit het aantal mol zwavelzuur per liter (de molariteit).

Molmassa PbSO_4 : 303,3 g mol⁻¹ (tabel 98)

$$\text{Aantal mol } \text{PbSO}_4: \frac{12,13 \text{ g}}{303,3 \text{ g mol}^{-1}} = 0,0400 \text{ mol}$$

Molverhouding $\text{PbSO}_4 : \text{SO}_4^{2-} : \text{H}_2\text{SO}_4 = 1 : 1 : 1 \rightarrow$ ook 0,0400 mol H_2SO_4 .

Dit zit in 20,0 mL oplossing = 0,020 L.

$$\text{Molariteit } \text{H}_2\text{SO}_4: \frac{0,0400 \text{ mol}}{0,020 \text{ L}} = \underline{2,00 \text{ M}}.$$

- 04** 1,00 L van de zwavelzuuroplossing heeft een massa van 1,118 kg $\triangleq$ 1118 g. Deze oplossing bestaat voor een deel uit opgelost H_2SO_4 en voor de rest uit water.

De massa van H_2SO_4 volgt uit de molariteit: in 1,00 L oplossing is 2,00 mol H_2SO_4 aanwezig.

Molmassa H_2SO_4 : 98,079 g mol⁻¹ (tabel 98).

Aantal gram H_2SO_4 : 2,00 mol $\times$ 98,079 g mol⁻¹ = 196 gram H_2SO_4 .

$$\text{Massapercentage} = \frac{\text{massa } \text{H}_2\text{SO}_4}{\text{massa zwavelzuuroplossing}} = \frac{196}{1118} \times 100\% = 17,5 \%$$

OPGAVE 3

- 05** Het gaat om Na_2CO_3 waarin mogelijk Na_2SO_4 aanwezig is.

Uit het volume $\text{CO}_2(\text{g})$ kun je, via het aantal (m)mol CO_2 , CO_3^{2-} en Na_2CO_3 , het aantal gram Na_2CO_3 berekenen en vervolgens met massapercentage Na_2SO_4 .

Voor het aantal mol CO_2 uit het volume CO_2 is V_m nodig. V_m volgt uit de temperatuur (20 °C = 293 K):

$$V_m \text{ bij } 293 \text{ K: } \frac{293}{273} \times 22,4 \text{ L mol}^{-1} = 24,0 \text{ L mol}^{-1} \triangleq 24,0 \text{ mL mmol}^{-1}.$$

$$\text{Aantal mmol } \text{CO}_2(\text{g}): \frac{56,3 \text{ mL}}{24,0 \text{ mL mmol}^{-1}} = 2,35 \text{ mmol } \text{CO}_2 \rightarrow$$

ook 2,35 mmol Na_2CO_3 (alles 1 : 1) $\triangleq$ 0,00235 mol.

Molmassa Na_2CO_3 : 105,99 g mol⁻¹ (tabel 98)

Massa Na_2CO_3 : 0,00235 mol $\times$ 105,99 g mol⁻¹ = 0,249 mg.

Restant is Na_2SO_4 : 0,267 – 0,249 = 0,018 g

$$\text{Verontreiniging: } \frac{0,018 \text{ g } \text{Na}_2\text{SO}_4}{0,267 \text{ g mengsel}} \times 100\% = 6,7\%.$$

- 06** Na afloop is het volume van de oplossing 50,0 + 15,0 = 65,0 mL geworden.

Aanwezige ionen zijn: Na^+ (van Na_2CO_3 en van Na_2SO_4), SO_4^{2-} (van Na_2SO_4), H^+ (overgebleven van de overmaat zoutzuur) en Cl^- (van zoutzuur).

Molmassa Na_2SO_4 : 142,04 g mol⁻¹ $\triangleq$ 142,04 mg mmol⁻¹.

$$\text{Aantal mmol } \text{Na}_2\text{SO}_4: \frac{18 \text{ mg}}{142,04 \text{ mg mmol}^{-1}} = 0,13 \text{ mmol}.$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0,13 \text{ mmol}}{65,0 \text{ mL}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

Aantal mmol Na^+ : $2 \times 2,35 \text{ mmol}$ (van Na_2CO_3) + $2 \times 0,13 \text{ mmol}$ (van Na_2SO_4) = 4,96 mmol

$$[\text{Na}^+] = \frac{4,96 \text{ mmol}}{65,0 \text{ mL}} = 0,076 \text{ M}.$$

Beginhoeveelheid H^+ : 15,0 mL $\times$ 0,800 mmol mL⁻¹ = 12 mmol.

Reageert met CO_3^{2-} : $2 \times 2,35 \text{ mmol}$ = 4,7 mmol.

Restant H^+ : 12 mmol – 4,7 mmol = 7,3 mmol

$$[\text{H}^+] = \frac{7,3 \text{ mmol}}{65,0 \text{ mL}} = 0,11 \text{ M}.$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{12 \text{ mmol}}{65,0 \text{ mL}} = 0,18 \text{ M} \text{ (of met verdunningsfactor: } [\text{Cl}^-] = 0,800 \times \frac{15,0 \text{ mL}}{65,0 \text{ mL}} = 0,18 \text{ M)}$$