

# Chemie

## 1ste Ba Fysica en Sterrenkunde

### Oplosbaarheid

# Oplosbaarheidsproduct

- Voorbeeld AgCl:



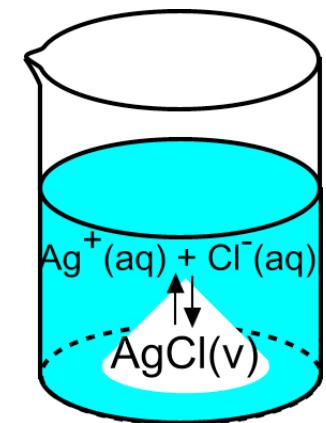
- Oplosbaarheidsproduct:

$$K_s = [\text{Ag}^+]_{vo} [\text{Cl}^-]_{vo}$$

- Algemeen geldt voor zout  $M_p L_q^{n-}$ :



met  $K_s = [M^{m+}]_{vo}^p [L^{n-}]_{vo}^q$



### Toepassing 11.1

Bij 25 °C kan 0,00188 g AgCl ( $M_r = 143,3$ ) opgelost worden in 1 L water. Bereken  $K_s$ .

De stofhoeveelheid AgCl die in oplossing terechtkwam (onder volledig gedissocieerde vorm van zilver-kationen en chloride-anionen) is:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,00188 \text{ g}}{143,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

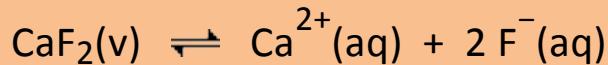
Voor elke eenheid AgCl die hierbij in oplossing terecht kwam, ontstond een  $\text{Cl}^-$ (aq)- en een  $\text{Ag}^+$ (aq)-ion, dus:

$$K_s = (1,31 \cdot 10^{-5})^2 = 1,72 \cdot 10^{-10}$$

## Toepassing 11.2

$\text{CaF}_2$  bezit bij 25 °C een oplosbaarheidsproduct  $K_s = 3,5 \cdot 10^{-11}$ . Wat is de concentratie aan  $\text{Ca}^{2+}$ (aq) en  $\text{F}^-$ (aq) in een verzadigde oplossing? Hoeveel gram  $\text{CaF}_2$  (v) ( $M_r = 78,08$ ) kan men, bij 25 °C, maximaal in 100 mL water oplossen?

1. Het oplossingsevenwicht is:



$$K_s = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{vo}} [\text{F}^-]_{\text{vo}}^2$$

Stel  $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{vo}} = x$ , dan kunnen we schrijven

$$K_s = (x) \times (2x)^2 = 4x^3$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{3,5 \cdot 10^{-11}}{4}} = 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

zodat

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{vo}} = 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{F}^-]_{\text{vo}} = 2 \times 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 4,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

2. Het aantal mol  $\text{CaF}_2$  dat maximaal in oplossing kan komen is uiteraard gelijk aan het aantal mol  $\text{Ca}^{2+}$  in de verzwadigde oplossing of gelijk aan de helft van het aantal mol  $\text{F}^-$ -anionen in de verzwadigde oplossing. Dit stemt overeen met een massa vast  $\text{CaF}_2$  van

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{vo}} = 78,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 1,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{L}}.$$

Met verwaarlozen van een zeer kleine volumeverandering kunnen we stellen dat in 100 mL water maximaal  $1,7 \cdot 10^{-4}$  g  $\text{CaF}_2$  kan opgelost worden.

# Reactiequotiënt

## - Reactiequotiënt Q:

$Q = K_s$	Het systeem was in evenwicht, macroscopisch kan geen chemische reactie waargenomen worden. De concentratie van alle species in oplossing blijft dezelfde. Toch is een constante heroplossing van neergeslagen zout aan de gang. De evenwichtspositie verandert niet. De oplossing is <b>verzadigd</b> .
$Q < K_s$	Het reactieproduct van de concentraties is kleiner dan bij evenwicht. Een deel van het neerslag zal in oplossing gaan tot wanneer de concentratie van de ionen gelijk is aan deze vereist door het oplosbaarheidsproduct. De snelheid waarmee dit gebeurt is hiervan echter niet rechtstreeks afhankelijk. De positie verschuift naar rechts. De oplossing was niet verzadigd ( <b>onverzadigd</b> ).
$Q > K_s$	De omgekeerde situatie. Een deel van de ionen in oplossing zal zich neerslaan om ervoor te zorgen dat aan het oplosbaarheidsproduct wordt voldaan. De positie verschuift naar links. De oplossing was <b>oververzadigd</b>

# Oplosbaarheid

- **Oplosbaarheidsproduct** = evenwichtsconstante
- **Oplosbaarheid** = evenwichtspositie
- $\infty$  aantal evenwichtsposities!
- $K_s$  waarden mogen niet vergeleken worden om relatieve oplosbaarheid te voorspellen!

## Oplosbaarheid

De (molaire) **OPLOSBAARHEID (S)** van een stof is het maximale aantal mol dat men, bij een gegeven temperatuur, kan oplossen in 1 liter zuiver water.

De oplosbaarheid is geen constante. Zij hangt af van een aantal factoren (bv. temperatuur, gemeenschappelijke ionen,...). In tabellenboekjes vind je daarom het **OPLOSBAARHEIDSPRODUCT (K<sub>s</sub>)**.

## Oefening

Rangschik volgende zouten volgens toenemende oplosbaarheid.

Gegeven:

$$\text{CuS} \quad K_s = 6,0 \cdot 10^{-37}$$

$$\text{Ag}_2\text{S} \quad K_s = 6,0 \cdot 10^{-51}$$

$$\text{Bi}_2\text{S}_3 \quad K_s = 1,8 \cdot 10^{-99}$$

a. CuS(v)       $K_s = [\text{Cu}^{2+}] \times [S^{2-}] = x^2$

$$x = \sqrt{K_s} = \sqrt{6,0 \cdot 10^{-37}} = 7,7 \cdot 10^{-19} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

b. Ag<sub>2</sub>S(v)       $K_s = [\text{Ag}^+]^2 \times [S^{2-}] = (2x)^2 x = 4x^3$

**Ag<sub>2</sub>S(v) > CuS(v) > Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>(v)**

$$x = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6,0 \cdot 10^{-51}}{4}} = 1,1 \cdot 10^{-17} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

c. Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>(v)       $K_s = [\text{Bi}^{3+}]^2 \times [S^{2-}]^3 = (2x)^2 (3x)^3 = 108x^5$

$$x = \sqrt[5]{\frac{K_s}{108}} = \sqrt[5]{\frac{1,8 \cdot 10^{-99}}{108}} = 7,0 \cdot 10^{-21} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

## Gemeenschappelijk-ioneffect

- Oplosbaarheid  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ( $K_s = 1,1 \cdot 10^{-12}$ )?

$$K_s = [\text{Ag}^+]^2 \times [\text{CrO}_4^{2-}] = (2x)^2 \times x = 4x^3 = 1,1 \cdot 10^{-12}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\boxed{S = 6,5 \cdot 10^{-5}}$$

- Oplosbaarheid  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  in  **$0,10 \text{ M AgNO}_3$** ?
- $\text{AgNO}_3$  is goed oplosbaar (volledige dissociatie)!

## Gemeenschappelijk-ioneffect

- Oplossen van  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ :



$$K_s = [\text{Ag}^+]^2 \times [\text{CrO}_4^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-12}$$

$\frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$\text{Ag}^+(\text{aq})$	$\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$
Oorspronkelijk	0,10	0
Toevoegen van vast $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$	+ 2x	+ x
Nadien	0,10 + 2x	x

# Gemeenschappelijk-ioneffect

- Subsitusie in  $K_s$ :

$$K_s = (0,10 + 2x)^2(x) = 1,1 \cdot 10^{-12}$$

$$K_s = (0,10)^2(x) = 1,1 \cdot 10^{-12}$$

$$x = 1,1 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$S = 1,1 \cdot 10^{-10}$$

$\frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$\text{Ag}^+(\text{aq})$	$\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$
Nadien	$0,10 + 2 \times 1,1 \cdot 10^{-10} = 0,10 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$1,1 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$