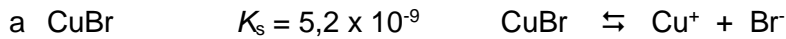


---

**Opgave 1**

---

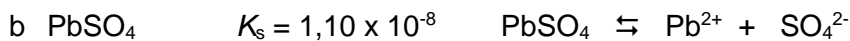
Bereken met behulp van het oplosbaarheidsproduct de oplosbaarheid (g/L) in zuiver water bij kamertemperatuur, van:



Er lost op:  $X$  mol CuBr per liter. Dus:  $[\text{Cu}^+] = X$  mol/L en  $[\text{Br}^-] = X$  mol/L

$$K_s = [\text{Cu}^+] \times [\text{Br}^-] \rightarrow 5,2 \times 10^{-9} = X^2 \rightarrow X = \sqrt{5,2 \times 10^{-9}} = 7,2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

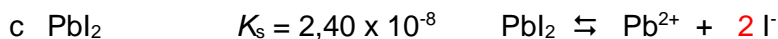
$$m = 7,2 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 143,4 \text{ g/mol} = \mathbf{0,0103 \text{ g/L}}$$



Er lost op:  $X$  mol PbSO<sub>4</sub> per liter. Dus:  $[\text{Pb}^{2+}] = X$  mol/L en  $[\text{SO}_4^{2-}] = X$  mol/L

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] \rightarrow X^2 = 1,10 \times 10^{-8} \rightarrow X = \sqrt{1,10 \times 10^{-8}} = 7,2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$m = 7,2 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 303,3 \text{ g/mol} = \mathbf{0,032 \text{ g/L}}$$

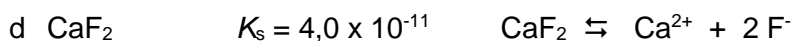


Er lost op:  $X$  PbI<sub>2</sub> mol per liter. Dus:  $[\text{Pb}^{2+}] = X$  mol/L en  $[\text{I}^-] = 2X$  mol/L

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{I}^-]^2 \rightarrow X \times (2X)^2 = 4 X^3 = 2,40 \times 10^{-8} \rightarrow$$

$$X = (6,0 \times 10^{-9})^{1/3} = 1,82 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$m = 1,82 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 461,0 \text{ g/mol} = \mathbf{0,84 \text{ g/L}}$$



Er lost op:  $X$  CaF<sub>2</sub> mol per liter. Dus:  $[\text{Ca}^{2+}] = X$  mol/L en  $[\text{F}^-] = 2X$  mol/L

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}] \times [\text{F}^-]^2 \rightarrow X \times (2X)^2 = 4 X^3 = 4,0 \times 10^{-11} \rightarrow$$

$$X = (1,0 \times 10^{-11})^{1/3} = 2,2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$m = 2,2 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 78,1 \text{ g/mol} = \mathbf{0,017 \text{ g/L}}$$



Er lost op:  $X$   $\text{Al(OH)}_3$  mol per liter. Dus:  $[\text{Al}^{3+}] = X$  mol/L en  $[\text{OH}^-] = 3X$  mol/L

$$K_s = [\text{Al}^{3+}] \times [\text{OH}^-]^3 \quad \blacktriangleright \quad X \times (3X)^3 = 27X^4 = 1 \times 10^{-32} \quad \blacktriangleright$$

$$X = (3,7 \times 10^{-34})^{1/4} = 4,39 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$m = 4,39 \times 10^{-9} \text{ mol/L} \times 78,0 \text{ g/mol} = \mathbf{3,4 \times 10^{-7} \text{ g/L}}$$



Er lost op:  $X$  mol  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  per liter. Dus:  $[\text{Ca}^{2+}] = 3X$  mol/L en  $[\text{PO}_4^{3-}] = 2X$  mol/L

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}]^3 \times [\text{PO}_4^{3-}]^2 \quad \blacktriangleright \quad (3X)^3 \times (2X)^2 = 108X^5 = 1 \times 10^{-29} \quad \blacktriangleright$$

$$X = (9,3 \times 10^{-32})^{1/5} = 6,2 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$m = 6,2 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 310,2 \text{ g/mol} = \mathbf{1,9 \times 10^{-4} \text{ g/L}}$$

## Opgave 2

Bereken het oplosbaarheidproduct van de volgende stoffen als de oplosbaarheid in zuiver water bedraagt:

a  $\text{NiCO}_3$

$$93 \text{ mg/L} \quad \blacktriangleright \quad n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad \blacktriangleright \quad 0,093 \text{ g} / 118,7 \text{ g/mol} = 7,83 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ni}^{2+}] = 7,83 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \quad [\text{CO}_3^{2-}] = 7,83 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$K_s = [\text{Ni}^{2+}] \times [\text{CO}_3^{2-}] \quad \blacktriangleright \quad 7,83 \times 10^{-4} \times 7,83 \times 10^{-4} = \mathbf{6,1 \times 10^{-7}}$$

b  $\text{MnF}_2$

$$6,00 \text{ g/L} \quad \blacktriangleright \quad n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad \blacktriangleright \quad 6,00 \text{ g} / 92,9 \text{ g/mol} = 6,46 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Mn}^{2+}] = 6,46 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad [\text{F}^-] = 2 \times 6,46 \times 10^{-2} \text{ mol/L} = 1,29 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

$$K_s = [\text{Mn}^{2+}] \times [\text{F}^-]^2 \quad \blacktriangleright \quad 6,46 \times 10^{-2} \times (1,29 \times 10^{-1})^2 = \mathbf{1,08 \times 10^{-3}}$$

c  $\text{MgCO}_3$

$$106 \text{ mg/L} \quad \blacktriangleright \quad 0,106 \text{ g} / 84,3 \text{ g/mol} = 1,26 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,26 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad [\text{CO}_3^{2-}] = 1,26 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$K_s = [\text{Mg}^{2+}] \times [\text{CO}_3^{2-}] \quad \blacktriangleright \quad 1,26 \times 10^{-3} \times 1,26 \times 10^{-3} = \mathbf{1,6 \times 10^{-6}}$$

d  $\text{Co}(\text{IO}_3)_2$

$$4,5 \text{ g/L} \rightarrow 4,5 \text{ g} / 408,7 \text{ g/mol} = 1,10 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Co}^{2+}] = 1,10 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad [\text{IO}_3^-] = 2 \times 1,10 \times 10^{-2} \text{ mol/L} = 2,20 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$K_s = [\text{Co}^{2+}] \times [\text{IO}_3^-]^2 \rightarrow 1,10 \times 10^{-2} \times (2,20 \times 10^{-2})^2 = \mathbf{5,3 \times 10^{-6}}$$

### Opgave 3

a Hoe groot kan  $[\text{Ca}^{2+}]$  maximaal zijn als  $[\text{CO}_3^{2-}] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ?

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}] \times [\text{CO}_3^{2-}] = 4,79 \times 10^{-9} \quad \text{en} \quad [\text{CO}_3^{2-}] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \times 1,0 \times 10^{-2} = 4,79 \times 10^{-9} \rightarrow [\text{Ca}^{2+}] \leq \mathbf{4,79 \times 10^{-7} \text{ mol/L}}$$

b Hoe groot kan  $[\text{Ag}^+]$  maximaal zijn als  $[\text{Cl}^-] = 0,0050 \text{ mol/L}$ ?

$$K_s = [\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-] = 1,78 \times 10^{-10} \quad \text{en} \quad [\text{Cl}^-] = 0,0050 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ag}^+] \times 0,0050 = 1,78 \times 10^{-10} \rightarrow [\text{Ag}^+] \leq \mathbf{3,6 \times 10^{-8} \text{ mol/L}}$$

c Hoe groot kan  $[\text{Pb}^{2+}]$  maximaal zijn in een natriumsulfaat oplossing met  $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,010 \text{ mol/L}$ ?

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 1,10 \times 10^{-8} \quad \text{en} \quad [\text{SO}_4^{2-}] = 0,010 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] \times 0,010 = 1,10 \times 10^{-8} \rightarrow [\text{Ca}^{2+}] \leq \mathbf{1,1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}}$$

### Opgave 4

Hoe groot kan  $[\text{Ca}^{2+}]$  (mol/L) maximaal zijn in een NaOH-oplossing waarvan de pH = 13,0?

*$\text{Ca}(\text{OH})_2$  slaat neer als het oplosbaarheidproduct overschreden wordt. Dus: als het ionenproduct groter is dan het oplosbaarheidproduct.*

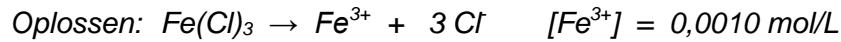
Oplosbaarheidproduct:  $K_s = [\text{Ca}^{2+}] \times [\text{OH}^-]^2 = 5,5 \times 10^{-6}$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1} = 0,10 \text{ mol/L} \rightarrow 5,5 \times 10^{-6} = [\text{Ca}^{2+}] \times 0,10^2 \quad [\text{Ca}^{2+}] \leq \mathbf{5,5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}}$$

### Opgave 5

Stel je lost 1 mmol in zuiver water op, eindvolume: 1,00 L.

Zal er een neerslag ontstaan van  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ?



In zuiver water is hydroxideconcentratie:  $[\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

Het ionenproduct voor  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zou dan worden:  $0,0010 \times (1,0 \times 10^{-7})^3 = 1,0 \times 10^{-24}$

$K_s = 2,5 \times 10^{-39}$     ionenproduct =  $1,0 \times 10^{-24}$     ionenproduct >  $K_s$

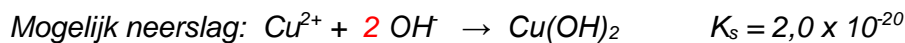
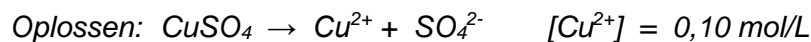
Dus: **ja, er ontstaat een neerslag van  $\text{Fe}(\text{OH})_3$**

---

### Opgave 6

---

Tot welke waarde moet men de pH in een koper (II)sulfaatoplossing ( $c(\text{CuSO}_4) = 0,10 \text{ mol/L}$ ) verlagen om te voorkomen dat er  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  gevormd wordt?



Neerslag ontstaat als het ionenproduct groter is dan het oplosbaarheidproduct:

$K_s = 2,0 \times 10^{-20} = [\text{Cu}^{2+}] \times [\text{OH}^-]^2 \rightarrow 0,10 \times [\text{OH}^-]^2 = 2,0 \times 10^{-20} \rightarrow [\text{OH}^-] = 4,4 \times 10^{-10}$

$\text{pOH} = -\log 4,4 \times 10^{-10} = 9,35$      $\text{pH} = 14,00 - 9,35 = 4,65$

Zodra  $[\text{OH}^-]$  groter wordt dan  $4,4 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$  dan ontstaat het neerslag,  
**pH moet lager zijn dan 4,6**

---

### Opgave 7

---

Hoeveel mg  $\text{AgCl}$  lost per liter maximaal op in drinkwater dat al 50 mg  $\text{Cl}^-$  per liter bevat?

$[\text{Cl}^-] = 0,050 \text{ g} / 35,45 \text{ g/mol} = 0,0014 \text{ mol/L}$

$K_s = [\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-] = 1,78 \times 10^{-10}$  en  $[\text{Cl}^-] = 0,0014 \text{ mol/L}$

$[\text{Ag}^+] \times 0,0014 = 1,78 \times 10^{-10} \rightarrow [\text{Ag}^+] \leq 1,26 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

Maximaal  $1,26 \times 10^{-7} \text{ mol Ag}^+$  per liter, dus ook  $\text{AgCl}$ :

---

$$1,26 \times 10^{-4} \text{ mmol} \times 143,4 \text{ mg/mmol} = \mathbf{0,018 \text{ mg AgCl}}$$

---

### Opgave 8

---

Hoe hoog moet de pH ten minste worden in een oplossing waarin  $[\text{Mg}^{2+}] = 0,010 \text{ mol/L}$  om 99,9% van de  $\text{Mg}^{2+}$ -ionen neer te slaan als  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ?

Als 99,9% van 0,010 mol/L neerslaat dan blijft 0,1% van 0,010 mol/L opgelost dus:

$$[\text{Mg}^{2+}] = 0,001 \times 0,010 \text{ mol/L} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\text{Bijbehorende } [\text{OH}^-] \blacktriangleright 1,12 \times 10^{-11} = 1,0 \times 10^{-5} \times [\text{OH}^-]^2 \blacktriangleright [\text{OH}^-] = 1,06 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log 1,06 \times 10^{-3} = 2,98 \quad \text{pH} = 14,00 - 2,98 = 11,02$$

De pH moet dus ten minste tot 11,0 stijgen, iets hoger.

---

### Opgave 9

---

$\text{MgCO}_3$  is bij lage pH beter oplosbaar dan bij hoge pH.

Beredeneer hoe dat komt.



pH-verlaging wil zeggen: meer  $\text{H}_3\text{O}^+$ .



dus  $[\text{CO}_3^{2-}]$  wordt kleiner, het 'oplos-evenwicht' van  $\text{MgCO}_3$  verschuift dan ook naar rechts: er lost meer op.

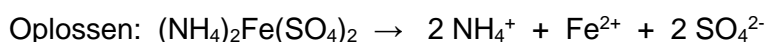
---

### Opgave 10

---

Men lost 1,00 mol Mohr's zout (ammoniumijzer(II)sulfaat-hexahydraat,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) op tot een volume van één liter.

a Als het  $\text{NH}_4^+$ -ion als enig zuur de  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  zou bepalen, hoe groot wordt de  $\text{H}_3\text{O}^+$ -concentratie (mol/L) dan?



Er komt 2,00 mol  $\text{NH}_4^+$  in de oplossing.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{c_z \times K_z}$

►  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{2,00 \times 5,8 \times 10^{-10}} = 3,4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

b Zal er in dat geval een neerslag ontstaan van  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ?

Bij  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3,4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  wordt  $[\text{OH}^-]$ :  $1,0 \times 10^{-14,0} / 3,4 \times 10^{-5} = 2,9 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

Het ionenproduct voor  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  is dan:  $1,00 \times (2,9 \times 10^{-10})^2 = 8,6 \times 10^{-20}$

$K_s$  voor  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  is:  $2,2 \times 10^{-15}$

Het ionenproduct is kleiner dan het oplosbaarheidproduct, er ontstaat dan geen neerslag.

---

### Opgave 11

---

Bij de titratie volgens Mohr waarbij men  $\text{AgNO}_3$  uit de buret toevoegt aan het titreervat met chloride als monster, voegt men aan 100 mL oplossing in het titratievat 4 mL (1 mL = 1 g) van een kaliumchromaatoplossing (5 % (m/m)  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) toe.

$\text{AgCl} \quad K_s = 1,78 \times 10^{-10}$

$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \quad K_s = 1,91 \times 10^{-12}$

a Hoe groot wordt dan  $[\text{CrO}_4^{2-}]$  (mol/L)?

$n(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 0,05 \times 4 \text{ g} / 194,2 \text{ g/mol} = 1,03 \times 10^{-3} \text{ mol}$  in 0,10 L ►

$[\text{CrO}_4^{2-}] = 1,03 \times 10^{-3} \text{ mol} / 0,10 \text{ L} = \mathbf{0,0103} \text{ mol/L}$

b Hoe groot kan  $[\text{Ag}^+]$  (mol/L) dan maximaal zijn?

$K_s = 1,78 \times 10^{-10} = [\text{Ag}^+]^2 \times 0,0103 \quad \text{►} \quad [\text{Ag}^+] = \mathbf{1,3 \times 10^{-4}} \text{ mol/L}$

c Hoe groot is  $[\text{Cl}^-]$  (mol/L) dan in het titratie-eindpunt?

$K_s = 1,78 \times 10^{-10} = 1,3 \times 10^{-4} \times [\text{Cl}^-] \quad \text{►} \quad [\text{Cl}^-] = \mathbf{1,4 \times 10^{-6}} \text{ mol/L}$

---

### Opgave 12

---

De chloridebepaling in drinkwater gebeurt volgens Mohr. Men neemt een vast monstervolume van 200 mL. Stel dat men de analytische concentratie van het zilvernitraat in de buret precies zo groot wil maken dat 1 mL op de buret juist overeenkomt met 1 mg  $\text{Cl}^-/\text{L}$  in het monster, hoe groot moet de analytische concentratie van het  $\text{AgNO}_3$  dan zijn?

1 mL uit de buret moet overeenkomen met 1 mg Cl<sup>-</sup> in 1,000 L monster

1 mL uit de buret moet dan overeenkomen met 0,2 mg Cl<sup>-</sup> in 200 mL monster

Dat is: 0,2 mg / 35,45 mg/mmol = 0,00564 mmol Cl<sup>-</sup>.

De reactie is 1 : 1 dus in 1 mL titreervloeistof zit dan 0,00564 mmol AgNO<sub>3</sub>

Dit is om een goede meting te krijgen wel een erg lage concentratie. Het eindpunt zal wel "slepend" zijn. Dat wil zeggen: niet scherp.

---

### Opgave 13

---

Voor de bepaling van het NaCl-gehalte in een broodmonster wegen we 3,25 g gedroogd brood in. De inweeg wordt enige tijd met water gekookt en na toevoeging van salpeterzuur potentiometrisch met AgNO<sub>3</sub> getitreerd. Verbruik: 11,77 mL,  $c(\text{AgNO}_3) = 0,1092 \text{ mol/L}$ .

Bereken het massapercentage NaCl in het gedroogde brood.

*Gehaltebepaling: de berekening starten met de titratie-uitkomst.*

$$n_B = V \times c_B \quad \blacktriangleright \quad 11,77 \text{ mL} \times 0,1092 \text{ mmol/mL} = 1,2853 \text{ mmol Ag}^+$$

De reactie is 1 : 1 dus in 3,25 g brood zit 1,2853 mmol Cl<sup>-</sup> of NaCl

$$m\% = \frac{m_B}{m_m} \times 100\% \quad \blacktriangleright \quad 1,2853 \text{ mmol} \times 58,44 \text{ mg/mmol} / 3250 \text{ mg} \times 100\% = \mathbf{2,31 \% (m/m)}$$

---

### Opgave 14

---

Ter bepaling van het natriumchloridegehalte in soeparoma wordt 2,105 g soeparoma afgewogen en verdund tot 250,0 mL. Uit de verkregen verdunning wordt 25,00 mL gepipetteerd in een conische kolf. Na toevoeging van 5 mL verdund salpeterzuur en 25,00 mL zilvernitraatoplossing met  $c(\text{AgNO}_3) = 0,1033 \text{ mol/L}$ .

De overmaat zilverionen wordt teruggetitreerd met 19,54 mL kaliumthiocyanaatoplossing  $c(\text{KCNS}) = 0,0964 \text{ mol/L}$ .

Bereken het massapercentage NaCl in het monster.

Reacties: na toevoegen AgNO<sub>3</sub>:  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl(s)}$

Terugtitratie:  $\text{Ag}^+ + \text{SCN}^- \rightarrow \text{AgSCN(s)}$

***Toegevoegd aan het monster:***

$$25,00 \text{ mL} \times 0,1033 \text{ mmol/mL} = 2,5825 \text{ mmol Ag}^+$$

***Teruggetitreerd***

$$19,54 \text{ mL} \times 0,0964 \text{ mmol/mL} = 1,884 \text{ mmol KCNS dat is ook } 1,884 \text{ mmol Ag}^+$$

**Verbruikt door monster:**

$$2,5825 \text{ mmol Ag}^+ - 1,884 \text{ mmol Ag}^+ = 0,6988 \text{ mmol Ag}^+$$

*0,6988 mmol Ag<sup>+</sup> heeft gereageerd met 0,6988 mmol Cl<sup>-</sup>*

*De 25 mL in behandeling genomen monster bevat dus 0,6988 mmol Cl<sup>-</sup>, de 250 mL oplossing en dan ook de inweeg bevat:  $250 / 25 \times 0,6988 \text{ mmol} = 6,988 \text{ mmol Cl}^-$*

*Vrijwel alle chloride is afkomstig van het NaCl (M = 58,44 mg/mmol):*

$$m(\text{NaCl}) = 6,988 \text{ mmol} \times 58,44 \text{ mg/mmol} = 408,4 \text{ mg NaCl}$$

$$m\% = \frac{m_B}{m_m} \times 100\% \quad \blacktriangleright \quad 408,4 \text{ mg} / 2105 \text{ mg} \times 100\% = \mathbf{19,40 \% (m/m)}$$