

1. La duresa és una qualitat de l'aigua relacionada amb el contingut en dissolució de cations alcalinoterris, principalment calci i magnesi. Un efecte de la duresa de l'aigua s'observa en les incrustacions de sals de carbonat que es produeixen dintre dels dipòsits que contenen aigua calenta.

a) Quina és la solubilitat molar de les sals de carbonat de calci i de carbonat de magnesi a 25 °C?

Quan la concentració de carbonat és $11,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, a partir de quina concentració de calci (en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) precipita el carbonat de calci?

A partir de quina concentració de magnesi (en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) precipita el carbonat de magnesi?

[1,25 punts]

b) Com es veurà afectat l'equilibri de solubilitat de les sals de carbonat a causa d'una disminució del pH del medi?

Justifiqueu la idoneïtat d'eliminar les incrustacions de sals de carbonat amb vinagre.

[1,25 punts]

DADES: K_{ps} (carbonat de calci) = $4,50 \times 10^{-9}$ (a 25 °C).

K_{ps} (carbonat de magnesi) = $3,50 \times 10^{-8}$ (a 25 °C).

Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; Mg = 24,3; Ca = 40,1.

Solució:

PREGUNTA 1a

Formulació

carbonat de calci CaCO_3

carbonat de magnesi MgCO_3

Solubilitat màxima

Les equacions de solubilitat es poden escriure:

$$K_{ps}(\text{CaCO}_3) = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 4,50 \times 10^{-9}$$

$$K_{ps}(\text{MgCO}_3) = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 3,50 \times 10^{-8}$$

[0,2 p]

Per als dos metalls i donada l'estequiometria 1:1 d'ambdues sals, l'equació de solubilitat es pot simplificar:

$$K_{ps} = S \cdot S$$

La solubilitat del metall (S) es pot calcular:

$$S = (K_{ps})^{1/2}$$

$$S(\text{Ca}^{2+}, \text{CaCO}_3) = (4,5 \times 10^{-9})^{1/2} = 6,71 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$S(\text{Mg}^{2+}, \text{MgCO}_3) = (3,5 \times 10^{-8})^{1/2} = 1,87 \times 10^{-4} \text{ M}$$

[0,4 p]

Precipitació

La concentració molar de carbonat:

$$11,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CO}_3^{2-} \times (1 \text{ g} / 10^3 \text{ mg}) \times (1 \text{ mol CO}_3^{2-} / 60 \text{ g CO}_3^{2-}) = 1,92 \times 10^{-4} \text{ M CO}_3^{2-}$$

La solubilitat (M) de cada metall amb aquesta concentració de carbonat:

$$[\text{Ca}^{2+}] = K_{ps}(\text{CaCO}_3) / 1,92 \times 10^{-4} = 2,34 \times 10^{-5} \text{ M Ca}^{2+}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = K_{ps}(\text{MgCO}_3) / 1,92 \times 10^{-4} = 1,82 \times 10^{-4} \text{ M Mg}^{2+}$$

[0,3 p]

La solubilitat (mg/L) de cada metall:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 2,34 \times 10^{-5} \text{ mols/L Ca}^{2+} \times (40,1 \text{ g} / 1 \text{ mol}) \times (10^3 \text{ mg} / 1 \text{ g}) = 0,94 \text{ mg/L Ca}^{2+}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,82 \times 10^{-4} \text{ mols/L Mg}^{2+} \times (24,3 \text{ g} / 1 \text{ mol}) \times (10^3 \text{ mg} / 1 \text{ g}) = 4,44 \text{ mg/L Mg}^{2+}$$

[0,25 p]

Quan la concentració de carbonat és 11,5 mg/L:

- A concentracions de calci superiors a 0,94 mg/L, el carbonat de calci precipita.

- A concentracions de magnesi superiors a 4,44 mg/L, el carbonat de magnesi precipita.

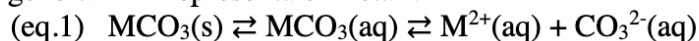
[0,1 p]

PREGUNTA 1b

Determinar l'efecte de la disminució de pH

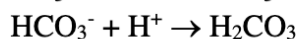
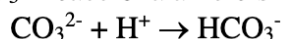
Els ions involucrats en els equilibris de solubilitat són: Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} .

En general M^{2+} representa el metall:



Una disminució del pH del medi és conseqüència d'un augment de la concentració de H^+ .
 Ca^{2+} , Mg^{2+} no tenen propietats bàsiques per poder reaccionar amb els H^+ .

CO_3^{2-} reacciona amb els H^+ :



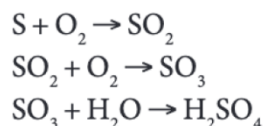
També és vàlid: $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

Una disminució del pH comportarà que els H^+ reaccionin amb els CO_3^{2-} , que són els productes de l'equilibri 1 (eq.1), en conseqüència l'equilibri es desplaçarà cap a la dreta i, per tant, disminuiran els reactius $\text{MCO}_3(\text{s})$. **[0,85 p]**

Afegir vinagre equival a posar en contacte els carbonats de calci i magnesi amb una dissolució aquosa d'àcid acètic, que estarà en equilibri amb una certa quantitat de H^+ . Aquesta mesura és adequada atès que el vinagre dissol els carbonats.

[0,4 p]

4. Una central tèrmica ha cremat l'equivalent a 400 g de sofre i ha provocat un episodi de pluja àcida. Es calcula que el 25 % de l'àcid sulfúric produït ha caigut dins d'un dipòsit proper que conté 2 000 L d'aigua. Les reaccions no igualades que s'han esdevingut són:



- a) Ajusteu les reaccions.

Calculeu la concentració d'àcid sulfúric en el dipòsit en unitats de $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ i $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

[1,25 punts]

- b) Feu els càlculs corresponents i expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per a preparar 250 mL de dissolució d'àcid sulfúric de concentració $80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ a partir d'àcid sulfúric concentrat.

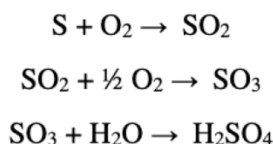
Indiqueu el material de laboratori necessari.

[1,25 punts]

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; O = 16,0; S = 32,1.
Densitat de l'àcid sulfúric concentrat: $1,84 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.
Concentració de l'àcid sulfúric concentrat: 96 % en pes.

Solució:

PREGUNTA 4a



[0,25 p]

El 25% de 400 g de sofre = 100 g de sofre

$$(100 \text{ g S} / 2000 \text{ L aigua}) \times (1 \text{ mol S} / 32,1 \text{ g S}) \times (1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ mol S}) = 1,557 \times 10^{-3} \text{ M H}_2\text{SO}_4$$

[0,5 p]

$$(1,557 \times 10^{-3} \text{ mols H}_2\text{SO}_4 / \text{L}) \times (98,1 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4) = 0,153 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$$

[0,5 p]

PREGUNTA 4b

$$\begin{aligned} &0,25 \text{ L dissolució} \times (80 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ L dissolució}) \times (100 \text{ g àcid concentrat} / 96 \text{ g H}_2\text{SO}_4) \times \\ &\times (1 \text{ mL àcid concentrat} / 1,84 \text{ g àcid concentrat}) = \\ &= 11,3 \text{ mL d'àcid sulfúric concentrat per a diluir fins a 250 mL.} \end{aligned}$$

[0,75 p]

- Ulleres, guants i bata de seguretat
- Campana extractora de gasos
- Pipeta graduada 15 o 20 mL
- Pera d'aspiració
- Matràs aforat 250 mL i tap
- Aigua destil·lada

[0,25 p]

- 1-És necessari manipular l'àcid sulfúric amb les màximes garanties de seguretat en una campana extractora de gasos i els elements de protecció necessaris (ulleres, guants i bata).
- 2-Abocarem una petita quantitat d'aigua (25-50 mL) dins del matràs aforat.
- 3-Pipetejarem el volum d'àcid amb la pipeta i la pera i l'abocarem dins del matràs.
- 4-Acabarem d'omplir el matràs amb aigua fins la marca d'aforament.
- 5-Taparem el matràs i agitarem per homogeneïtzar la dissolució.

És important el pas 2 ABANS del 4. L'àcid concentrat és més dens que l'aigua. A l'afegir el volum d'àcid concentrat sobre l'aigua, l'àcid cau al fons del matràs i es dilueix immediatament. La dilució és exotèrmica. L'addició d'aigua sobre àcid concentrat genera una quantitat de calor superficial no controlada que provoca esquitxades.

[0,25 p]