

5. En una activitat duta a terme al laboratori per a estudiar la solubilitat de diferents carbonats metàl·lics, un grup d'estudiants realitza l'experiment següent: transfereixen a un vas de precipitats 20 mL d'una solució de CaCl_2 $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$; lentament, mentre escalfen una mica la solució, hi afegeixen 80 mL d'una solució de Na_2CO_3 $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. Ho remenen bé, ho deixen refredar fins a la temperatura ambient (19°C) i observen que s'ha format un precipitat de color blanc de carbonat de calci.

a) Justifiqueu, a partir dels càlculs necessaris, la formació del precipitat. Considereu additius els volums de les solucions aquoses.

[1,25 punts]

b) Mitjançant un procés de filtració, els estudiants separen el precipitat de carbonat de calci de la solució aquosa. D'aquesta solució, en fan quatre parts i les col·loquen en tubs d'assaig. Afegeixen al primer tub una solució de Na_2CO_3 , al segon una solució de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, al tercer una solució d'àcid clorhídric, i al quart tub no hi afegeixen res, però l'escalfen fins a 70°C . Expliqueu raonadament si en algun dels quatre tubs hi apareix un precipitat de carbonat de calci.

[1,25 punts]

DADES: Producte de solubilitat del carbonat de calci a 19°C : $K_{ps} = 4,8 \times 10^{-9}$.
Entalpia de dissolució del carbonat de calci a 19°C : $\Delta H^\circ < 0$.

Solució:

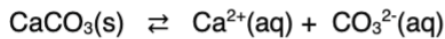
Pregunta 5a

Formulació. Carbonat de calci: CaCO_3

[– 0,5 p si no formulen bé]

Justificar, a partir de càlculs, la formació del precipitat

Reacció de solubilitat del CaCO_3 :



- *Opcionalment es pot escriure la reacció de precipitació*

El producte de solubilitat del CaCO_3 es pot escriure com:

$$K_{\text{ps}} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}]$$

[0,25 p]

Perquè una sal precipiti cal que el valor del quocient de reacció, Q (que incorpora les concentracions inicials) sigui superior a la K_{ps} :

Condicció de precipitació: $Q > K_{\text{ps}}$

[0,2 p]

Calculem les concentracions inicials en barrejar les dues solucions, tenint en compte que per cada mol de Na_2CO_3 tenim un mol de CO_3^{2-} , i per cada mol de CaCl_2 tenim un mol de Ca^{2+} . Suposem els volums additius.

$$[\text{Ca}^{2+}]_0 = (20 \text{ mL} \cdot 1,0 \times 10^{-2} \text{ mols/L}) / (20 + 80) \text{ mL} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}]_0 = (80 \text{ mL} \cdot 2,0 \times 10^{-3} \text{ mols/L}) / (20 + 80) \text{ mL} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ M}$$

[0,4 p]

$$Q = [\text{Ca}^{2+}]_0 \cdot [\text{CO}_3^{2-}]_0 = (2,0 \times 10^{-3}) \cdot (1,6 \times 10^{-3})$$

$$Q = 3,2 \times 10^{-6}$$

[0,2 p]

Dada: $K_{\text{ps}} = 4,8 \times 10^{-9}$

$Q > K_{\text{ps}}$

\Rightarrow Per tant, es formarà el precipitat de carbonat de calci

[0,2 p]

Pregunta 5b

Formulació. Àcid clorhídric: HCl

[– 0,5 p si no formulen bé]

- No és obligatori que el formulin. Però si ho fan, i la fórmula és incorrecta, ho penalitzem amb 0,5 p.

Separem, per filtració, i obtenim:

- un sòlid blanc: carbonat de calci,
- un líquid: solució aquosa saturada de carbonat de calci (conté Ca^{2+} i CO_3^{2-})

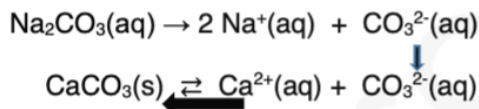
Agafem el filtrat (fase líquida) i en fem 4 parts (tubs d'assaig).

Afegim a una part del filtrat $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$

[0,3 p]

Si a la solució aquosa saturada de carbonat de calci li afegim una solució aquosa de carbonat de sodi ens apareixerà un precipitat de carbonat de calci, ja que estem afegint ions carbonat que desplacen la reacció de l'equilibri de solubilitat del CaCO_3 cap a la esquerra, és a dir cap a la formació del sòlid (per efecte de l'ió comú):

Reaccions (opcionals):

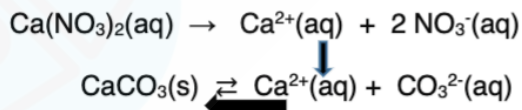


Afegim al filtrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$

[0,3 p]

Si a la solució aquosa saturada de carbonat de calci li afegim una solució aquosa de nitrat de calci, ens apareixerà un precipitat de carbonat de calci, ja que estem afegint ions Ca^{2+} que desplacen la reacció de l'equilibri de solubilitat del CaCO_3 cap a la esquerra, és a dir, cap a la formació del sòlid (per efecte de l'ió comú):

Reaccions (opcionals):



Afegim al filtrat HCl(aq)

[0,3 p]

Si a la solució aquosa saturada de carbonat de calci li afegim una solució de HCl (àcid), aquest reacciona amb els ions carbonat (base) per formar ions HCO₃⁻ o formar H₂CO₃. La concentració d'ions carbonat disminueix i la solució deixa d'estar saturada. **No ens apareixerà cap precipitat de carbonat de calci.**

Escalfem la solució a 70°C

[0,35 p]

L'entalpia de dissolució del carbonat de calci és negativa. Això ens indica que la reacció és exotèrmica: $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \quad \Delta H < 0$

La reacció desprèn calor quan es dissol el CaCO₃(s) i absorbeix calor quan es forma el CaCO₃(s). En augmentar la temperatura de 19 oC a 70 oC, estem donant calor, afavorint la reacció cap a l'esquerra (reactius). **Ens apareixerà, per tant, un precipitat de carbonat de calci.**