

Práctica 10: Equilibrios de Solubilidad

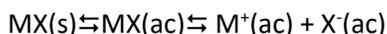
Problema a resolver:

- Ordenar, de menor a mayor solubilidad, los siguientes compuestos de cobre: $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuCO_3 , CuSO_4 , $\text{Cu}_{(s)}$ y $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
- Determinar experimentalmente que factores afectan el equilibrio de solubilidad de un compuesto poco soluble.

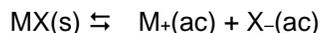
Introducción

La *solubilidad* de un compuesto químico se puede definir como la máxima cantidad, expresada en gramos, que pueda disolverse de éste en 100g de agua a una temperatura constante. En general, a mayor temperatura, la solubilidad aumenta. Los datos reportados en libros y tablas se encuentran a 25°C.

En el caso de los compuestos iónicos, el proceso de disolución involucra la disociación de los iones. Una gran cantidad de compuestos iónicos son muy poco solubles en agua y su solubilidad suele cuantificarse mediante el estudio del siguiente equilibrio:



La concentración de la especie MX (ac) se conoce como la *solubilidad intrínseca* y en muchos casos su valor es muy pequeño, por lo que el equilibrio de solubilidad se puede reescribir como:



La concentración del sólido se considera constante, de manera que la constante de equilibrio da como resultado la siguiente expresión de *constante de solubilidad* (también conocida como *producto de solubilidad*):

$$K_{ps} = [\text{M}^+][\text{X}^-]$$

A la concentración de cada uno de los iones presentes en disolución al momento de la precipitación del sólido se le llama *solubilidad molar*.

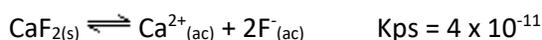
Tarea previa

Resuelve los siguientes ejercicios:

1. Escribe la ecuación del equilibrio de solubilidad para el PbI_2 ($pK_{ps} = 7.5$) y calcula su solubilidad molar (mol/L).
2. Completa la siguiente tabla. Anota un ejemplo de los cálculos realizados.

Compuesto	Nombre	Masa molar	pKps	Kps	S (mol/L)	S (g/L)
TlBr			2.62			
$\text{La}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$			24.1			
FeCrO_4			5.6			
$\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2$			25.5			
$\text{Zn}(\text{IO}_3)_2$			5.4			

3. Ordena los compuestos de la pregunta anterior **del más soluble al menos soluble**.
4. Considera una disolución saturada de fluoruro de calcio en la cual se ha establecido el equilibrio:



- a) ¿Cuál es la concentración molar de calcio (II) presente en la disolución?
- b) Calcula la concentración molar de calcio (II) si a esta disolución saturada le agregas NaF de modo que la concentración total de fluoruros sea 0.1 M.
- c) Compara las dos concentraciones molares, antes y después de la adición de NaF, ¿aumentó o disminuyó la solubilidad del fluoruro de calcio?.

Reactivos

Parte A

CuSO₄ 0.1M
Na₂CO₃ sólido
K₄[Fe(CN)₆] 0.1 M
NaOH 1 M
Na₂S sólido

Parte B

Pb(NO₃)₂ 0.1M
KI 0.1M
H₂SO₄ 6 M
NaCl sólido
CuSO₄ 0.1M

Procedimiento

Parte A. Solubilidad de distintos compuestos de Cu(II)

1. Anotar todas las observaciones en la Tabla 1
2. En un vidrio de reloj coloca de 3 a 5 gotas de una disolución 0.1 M de CuSO₄.
3. Añadir, poco a poco y homogenizando, Na₂CO₃ sólido con la ayuda de una espátula **hasta que la disolución pierda su color azul y observes la formación de un precipitado.**
4. A la mezcla de la reacción anterior agregarle, gota a gota y con agitación, K₄[Fe(CN)₆] 0.1 M **hasta que se observe un cambio permanente en el sólido formado.**
5. Al producto anterior añadir NaOH 1 M gota a gota. Anotar todos los cambios de color y de estado físico.
6. Por último, agrega poco a poco y con agitación constante Na₂S sólido.

RESULTADOS:

Parte A.

A fin de organizar mejor tu información, puedes utilizar si lo deseas la siguiente tabla como guía.

Tabla 1: Solubilidad de distintos compuestos de Cu(II)

Reacción de precipitación	Observaciones
$\text{CuSO}_{4(\text{ac})} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{ac})} \rightarrow \mathbf{1} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$	
$\mathbf{1} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_{(\text{ac})} \rightarrow \mathbf{2} + \text{K}_2\text{CO}_{3(\text{ac})}$	
$\mathbf{2} + \text{NaOH}_{(\text{ac})} \rightarrow \mathbf{3} + \text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_{(\text{ac})}$	
$\mathbf{3} + \text{Na}_2\text{S}_{(\text{ac})} \rightarrow \mathbf{4} + \text{NaOH}_{(\text{ac})}$	

Análisis de resultados

1.- Considerando que todas las reacciones son de doble sustitución, escribe en el siguiente cuadro las fórmulas y los nombres de los productos **1, 2, 3 y 4**.

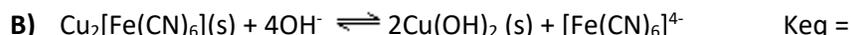
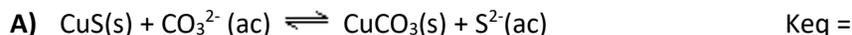
	Fórmula	Nombre		Fórmula	Nombre
1			3		
2			4		

2.- Escribe **los equilibrios de solubilidad** para cada uno de los precipitados de cobre (1-4), la correspondiente expresión matemática de la constante de solubilidad, y la solubilidad molar del cobre (II) en cada caso.

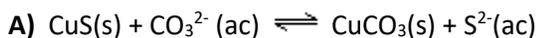
Tabla 2

pp	Equilibrio de solubilidad	Expresión de la Kps	Valor de la Kps	Solubilidad molar [Cu ²⁺]
1			1.4x10 ⁻¹⁰	
2			1.3x10 ⁻¹⁶	
3			2.2x10 ⁻²⁰	
4			6.3x10 ⁻³⁶	

3.- Escribe la expresión de la constante de equilibrio para cada una de las siguientes reacciones (A y B)



4.- Utilizando los datos de las constantes de la Tabla 2, así como las expresiones de Kps, calcula el valor de la constante de equilibrio de la reacción **A** y de la reacción **B**. (Sugerencia: Para realizar el cálculo conviene expresar las constantes de equilibrio de cada reacción, y multiplicar el numerador y el denominador en estas expresiones por [Cu²⁺] o por [Cu²⁺]², para poder poner en términos de las constantes expresadas en la tabla 2)



Cálculos:

Keq =

De acuerdo con el valor de la constante de equilibrio, ¿hacia qué lado se encuentra favorecido el equilibrio?



Cálculos:

$K_{eq} =$

De acuerdo con el valor de la constante de equilibrio, ¿hacia qué lado se encuentra favorecido el equilibrio?

Parte B. Factores que afectan la solubilidad

Efecto de la temperatura

1. En un tubo de ensaye colocar 2 mL de una disolución 0.1 M de nitrato de plomo y añadir, gota a gota, yoduro de potasio 0.1 M hasta precipitación completa. **Registrar tus observaciones y la temperatura de trabajo inicial.**

Escribe la reacción que se llevó a cabo entre el nitrato de plomo y el yoduro de potasio.

Escribe el equilibrio de solubilidad **del producto poco soluble** de la reacción anterior, y la correspondiente expresión del producto de solubilidad.

2. Calentar el tubo en baño María a 90°C y observar lo que ocurre. Retirar el tubo del baño y dejarlo enfriar lentamente en la gradilla. Anota las observaciones, al calentar y después de alcanzar temperatura ambiente.

3.- ¿Cuál es el efecto de la temperatura en esta reacción de equilibrio? Explica a qué se debe (recuerda el principio de Le Chatelier)

Ion Común

1. En dos tubos de ensayo colocar 5 mL de una disolución 0.1 M de nitrato de plomo. A cada uno de ellos añadirle 0.06 g de cloruro de sodio, agitar y anotar las observaciones.

Escribe la reacción que se llevó a cabo entre el nitrato de plomo y el cloruro de sodio.

Escribe la ecuación del equilibrio de solubilidad **del producto poco soluble** de la reacción anterior.

2. A uno de los dos tubos, añadirle otros 0.5g de NaCl. Anota tus observaciones, comparando la cantidad de sólido formado en ambos casos.

3.- Calcula la solubilidad molar del Pb^{2+} en una solución saturada de $PbCl_2$, sabiendo que su K_{ps} es 2.4×10^{-4} .

Cálculos:

4.- ¿Cuál es la concentración de Cl^- en estas mismas condiciones?

Cálculos:

5.- Calcula la concentración de Pb^{2+} en una solución de $Pb(NO_3)_2$ a la que se ha añadido un exceso de NaCl, tal que la concentración final del ion cloruro sea 0.1M

Cálculos:

6.- ¿Cuál es el ión común que participa en la reacción? _____

7.- ¿Cuál es su efecto en esta reacción de equilibrio? Explica a qué se debe dicho efecto (recuerda el principio de Le Chatelier)

Influencia del pH

1. En un tubo de ensayo colocar 3 mL de una disolución 0.1 M de sulfato de cobre. Añadirle, gota a gota, una disolución 0.1 M de hidróxido de sodio hasta precipitación completa. Registra tus observaciones.

Escribe la reacción que se llevó a cabo entre el sulfato de cobre y el hidróxido de sodio.

Escribe el equilibrio de solubilidad **del producto poco soluble** de la reacción anterior.

2. Agregar, gota a gota y con agitación, ácido sulfúrico 6M hasta obtener una disolución homogénea color azul.

Escribe la reacción que se llevó a cabo entre el producto de cobre poco soluble y el ácido sulfúrico.

4.- ¿Cuál es el efecto del pH en esta reacción de equilibrio? Explica a qué se debe (recuerda el principio de Le Chatelier)

Residuos:

Recolecta todos los residuos que contengan Plomo, para su tratamiento posterior.

CONCLUSIONES:

Discute lo siguiente:

- ¿Cómo es la solubilidad de los siguientes compuestos de cobre: $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuCO_3 , CuSO_4 , CuS y $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$? Ordénalos de mayor a menor.
- En sales poco solubles cuando el valor de _____ (Kps/pKps), se _____ (incrementa/disminuye), la solubilidad molar de la sal es _____ (mayor/menor).
- ¿Cómo afectan la temperatura, un ion común y el pH a la solubilidad de sales poco solubles?