

COLOQUIO N° 16:

EQUILIBRIOS DE SOLUBILIDAD

NOTA: Los problemas con el símbolo *^{*} están propuestos para resolver en clase.

PROBLEMA 1.

Escriba las ecuaciones balanceadas y las expresiones del producto de solubilidad para los equilibrios de solubilidad de los compuestos siguientes:

- | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|--|
| a) CuBr | c) Ag ₂ CrO ₄ | e) AuCl ₃ |
| b) ZnC ₂ O ₄ | d) Hg ₂ Cl ₂ | f) Mn ₃ (PO ₄) ₂ |

^{} **PROBLEMA 2.**

El cloruro de plata tiene un valor de K_{ps} mayor que el del carbonato de plata. ¿Esto significa que el AgCl también tiene una solubilidad molar mayor que la del Ag₂CO₃?

^{} **PROBLEMA 3.**

Con los datos de solubilidad que se dan, calcule los productos de solubilidad (K_{ps}) de los compuestos siguientes:

- | | | |
|--|---|---|
| a) SrF ₂ = 7.3 × 10 ⁻² g/L | b) Ag ₃ PO ₄ = 6.7 × 10 ⁻³ g/L | c) MnCO ₃ = 4.2 × 10 ⁻⁶ M |
|--|---|---|

PROBLEMA 4.

Calcule la concentración de los iones en las siguientes disoluciones saturadas:

- | |
|---|
| a) [I ⁻] en una disolución de AgI con [Ag ⁺] = 9.1 × 10 ⁻⁹ M |
| b) [Al ³⁺] en una disolución de Al(OH) ₃ con [OH ⁻] = 2.9 × 10 ⁻⁹ M |

PROBLEMA 5.

La solubilidad de un compuesto iónico MX (masa molar = 346 g) es 4.63 × 10⁻³ g/L. ¿Cuál es el valor de K_{ps} del compuesto?

PROBLEMA 6.

La solubilidad de un compuesto iónico M₂X₃ (masa molar = 288 g) es 3.6 × 10⁻¹⁷ g/L. ¿Cuál es el valor de K_{ps} del compuesto?

PROBLEMA 7.

El pH de una disolución saturada de un hidróxido metálico MOH es 9.68. Calcule K_{ps} del compuesto.

^{} **PROBLEMA 8.**

¿Cuál es el pH de una disolución saturada de hidróxido de zinc?

^{} **PROBLEMA 9.**

Si se añaden 20.0 mL de Ba(NO₃)₂ 0.10 M a 50.0 mL de Na₂CO₃ 0.10 M, ¿precipitará BaCO₃?

PROBLEMA 10.

El bromuro de sodio y el nitrato de plomo son solubles en agua. ¿Precipitará bromuro de plomo cuando 1.03 g de NaBr y 0.332 g de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ se disuelvan en agua suficiente para preparar 1.00 L de solución?

**** PROBLEMA 11.**

Se mezcla un volumen de 75 mL de NaF 0.060 M con 25 mL de $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 0.15 M. Calcule las concentraciones de NO_3^- , Na^+ , Sr^{2+} y F^- en la disolución final (K_{ps} de $\text{SrF}_2 = 2.0 \times 10^{-10}$).

PROBLEMA 12.

Una solución es 0.0100 M en iones Pb^{2+} . Si a 1.00 L de esta solución se le agregan 0.103 mol de Na_2SO_4 sólido (el cambio de volumen es insignificante), ¿qué porcentaje de iones Pb^{2+} permanece en solución?

**** PROBLEMA 13.**

Una solución es 0.050 M en K_2SO_4 y 0.050 M en K_2CrO_4 . Se agrega poco a poco solución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ casi sin cambio de volumen.

- ¿Qué sal precipitará primero: PbSO_4 o PbCrO_4 ?
- ¿Cuál es la $[\text{Pb}^{2+}]$ cuando comience a precipitar la sal del inciso a)?
- ¿Cuál es la $[\text{Pb}^{2+}]$ cuando comience a precipitar la otra sal de plomo?
- ¿Cuáles son $[\text{SO}_4^{2-}]$ y $[\text{CrO}_4^{2-}]$ cuando la sal de plomo de la parte c) comience a precipitar?

**** PROBLEMA 14.**

Suponga que tiene tres vasos de precipitados que contienen, respectivamente, 100 mL de las soluciones siguientes: i) KOH 0.0015 M, ii) K_2CO_3 0.0015 M, iii) KI 0.0015 M.

- Si se agrega a cada vaso, poco a poco, nitrato de plomo sólido, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, ¿qué concentración de Pb^{2+} se necesitará para iniciar la precipitación?
- Si se agrega a cada vaso nitrato de plomo, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, sólido hasta que $[\text{Pb}^{2+}]$ sea 0.0015 M, ¿qué concentración de OH^- , CO_3^{2-} y I^- quedará en solución, esto es, sin precipitar? Ignore el cambio de volumen por adición del sólido.

PROBLEMA 15.

Si se prepara una solución que sea 0.080 M en $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, 0.075 M en amoníaco acuoso y 3.5 M en NH_4NO_3 , ¿precipitará $\text{Mg}(\text{OH})_2$? ¿Cuál es el pH de esta solución?

PROBLEMA 16.

Calcule la solubilidad del CaF_2 en una solución amortiguada con $[\text{H}^+] = 0.0050$ M en $\text{HF} = 0.10$ M.

PROBLEMA 17.

Calcule la solubilidad del AgCN en una solución amortiguada con $[\text{H}^+] = 0.0002$ M en $\text{HCN} = 0.01$ M.



PROBLEMA 18.

¿Cuál es la máxima concentración de Zn^{2+} en una solución de pH 10.00?

PROBLEMA 19.

Calcule la solubilidad del bromuro de plata, AgBr, en moles por litro en agua pura. Compare este valor con la solubilidad molar del AgBr en 225 mL de agua a los cuales se ha agregado 0.15 g de NaBr.

PROBLEMA 20.

Los cálculos de producto de solubilidad se basan en realidad en equilibrios heterogéneos. ¿Por qué los sólidos y líquidos puros se excluyen de estos cálculos?

APÉNDICE: Constantes producto de solubilidad a 25°C

Sustancia	K_{ps}	Sustancia	K_{ps}
Compuestos de aluminio		Compuestos de calcio (cont.)	
AlAsO ₄	1.6×10^{-16}	CaF ₂	3.9×10^{-11}
Al(OH) ₃	1.9×10^{-33}	Ca(OH) ₂	7.9×10^{-6}
AlPO ₄	1.3×10^{-20}	CaHPO ₄	2.7×10^{-7}
Compuestos de antimonio		Ca(H ₂ PO ₄) ₂	1.0×10^{-3}
Sb ₂ S ₃	1.6×10^{-93}	Ca ₃ (PO ₄) ₂	1.0×10^{-25}
Compuestos de bario		CaSO ₃ · 2H ₂ O*	1.3×10^{-8}
Ba ₃ (AsO ₄) ₂	1.1×10^{-13}	CaSO ₄ · 2H ₂ O*	2.4×10^{-5}
BaCO ₃	8.1×10^{-9}	Compuestos de cromo	
BaC ₂ O ₄ · 2H ₂ O*	1.1×10^{-7}	CrAsO ₄	7.8×10^{-21}
BaCrO ₄	2.0×10^{-10}	Cr(OH) ₃	6.7×10^{-31}
BaF ₂	1.7×10^{-6}	CrPO ₄	2.4×10^{-23}
Ba(OH) ₂ · 8H ₂ O*	5.0×10^{-3}	Compuestos de cobalto	
Ba ₃ (PO ₄) ₂	1.3×10^{-29}	Co ₃ (AsO ₄) ₂	7.6×10^{-29}
BaSeO ₄	2.8×10^{-11}	CoCO ₃	8.0×10^{-13}
BaSO ₃	8.0×10^{-7}	Co(OH) ₂	2.5×10^{-16}
BaSO ₄	1.1×10^{-10}	CoS (α)	5.9×10^{-21}
Compuestos de bismuto		CoS (β)	8.7×10^{-23}
BiOCl	7.0×10^{-9}	Co(OH) ₃	4.0×10^{-45}
BiO(OH)	1.0×10^{-12}	Co ₂ S ₃	2.6×10^{-124}
Bi(OH) ₃	3.2×10^{-40}	Compuestos de cobre	
BiI ₃	8.1×10^{-19}	CuBr	5.3×10^{-9}
BiPO ₄	1.3×10^{-23}	CuCl	1.9×10^{-7}
Bi ₂ S ₃	1.6×10^{-72}	CuCN	3.2×10^{-20}
Compuestos de cadmio		Cu ₂ O (Cu ⁺ + OH ⁻) [†]	1.0×10^{-14}
Cd ₃ (AsO ₄) ₂	2.2×10^{-32}	CuI	5.1×10^{-12}
CdCO ₃	2.5×10^{-14}	Cu ₂ S	1.6×10^{-48}
Cd(CN) ₂	1.0×10^{-8}	CuSCN	1.6×10^{-11}
Cd ₂ [Fe(CN) ₆]	3.2×10^{-17}	Cu ₃ (AsO ₄) ₂	7.6×10^{-36}
Cd(OH) ₂	1.2×10^{-14}	CuCO ₃	2.5×10^{-10}
CdS	3.6×10^{-29}	Cu ₂ [Fe(CN) ₆]	1.3×10^{-16}
Compuestos de calcio		Cu(OH) ₂	1.6×10^{-19}
Ca ₃ (AsO ₄) ₂	6.8×10^{-19}	CuS	8.7×10^{-36}
CaCO ₃	4.8×10^{-9}	Compuestos de oro	
CaCrO ₄	7.1×10^{-4}	AuBr	5.0×10^{-17}
CaC ₂ O ₄ · H ₂ O*	2.3×10^{-9}	AuCl	2.0×10^{-13}

Sustancia	K_{ps}	Sustancia	K_{ps}
Compuestos de oro (cont.)		Compuestos de mercurio (cont.)	
AuI	1.6×10^{-23}	HgI ₂	4.0×10^{-29}
AuBr ₃	4.0×10^{-36}	HgS	3.0×10^{-53}
AuCl ₃	3.2×10^{-25}	Compuestos de níquel	
Au(OH) ₃	1.0×10^{-53}	Ni ₃ (AsO ₄) ₂	1.9×10^{-26}
AuI ₃	1.0×10^{-46}	NiCO ₃	6.6×10^{-9}
Compuestos de hierro		Ni(CN) ₂	3.0×10^{-23}
FeCO ₃	3.5×10^{-11}	Ni(OH) ₂	2.8×10^{-16}
Fe(OH) ₂	7.9×10^{-15}	NiS (α)	3.0×10^{-21}
FeS	4.9×10^{-18}	NiS (β)	1.0×10^{-26}
Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃	3.0×10^{-41}	NiS (γ)	2.0×10^{-28}
Fe(OH) ₃	6.3×10^{-38}	Compuestos de plata	
Fe ₂ S ₃	1.4×10^{-88}	Ag ₃ AsO ₄	1.1×10^{-20}
Compuestos de plomo		AgBr	3.3×10^{-13}
Pb ₃ (AsO ₄) ₂	4.1×10^{-36}	Ag ₂ CO ₃	8.1×10^{-12}
PbBr ₂	6.3×10^{-6}	AgCl	1.8×10^{-10}
PbCO ₃	1.5×10^{-13}	Ag ₂ CrO ₄	9.0×10^{-12}
PbCl ₂	1.7×10^{-5}	AgCN	1.2×10^{-16}
PbCrO ₄	1.8×10^{-14}	Ag ₄ [Fe(CN) ₆]	1.6×10^{-41}
PbF ₂	3.7×10^{-8}	Ag ₂ O (Ag ⁺ + OH ⁻) [†]	2.0×10^{-8}
Pb(OH) ₂	2.8×10^{-16}	AgI	1.5×10^{-16}
PbI ₂	8.7×10^{-9}	Ag ₃ PO ₄	1.3×10^{-20}
Pb ₃ (PO ₄) ₂	3.0×10^{-44}	Ag ₂ SO ₃	1.5×10^{-14}
PbSeO ₄	1.5×10^{-7}	Ag ₂ SO ₄	1.7×10^{-5}
PbSO ₄	1.8×10^{-8}	Ag ₂ S	1.0×10^{-49}
PbS	8.4×10^{-28}	AgSCN	1.0×10^{-12}
Compuestos de magnesio		Compuestos de estroncio	
Mg ₃ (AsO ₄) ₂	2.1×10^{-20}	Sr ₃ (AsO ₄) ₂	1.3×10^{-18}
MgCO ₃ · 3H ₂ O*	4.0×10^{-5}	SrCO ₃	9.4×10^{-10}
MgC ₂ O ₄	8.6×10^{-5}	SrC ₂ O ₄ · 2H ₂ O*	5.6×10^{-8}
MgF ₂	6.4×10^{-9}	SrCrO ₄	3.6×10^{-5}
Mg(OH) ₂	1.5×10^{-11}	Sr(OH) ₂ · 8H ₂ O*	3.2×10^{-4}
MgNH ₄ PO ₄	2.5×10^{-12}	Sr ₃ (PO ₄) ₂	1.0×10^{-31}
Compuestos de manganeso		SrSO ₃	4.0×10^{-8}
Mn ₃ (AsO ₄) ₂	1.9×10^{-11}	SrSO ₄	2.8×10^{-7}
MnCO ₃	1.8×10^{-11}	Compuestos de estaño	
Mn(OH) ₂	4.6×10^{-14}	Sn(OH) ₂	2.0×10^{-26}
MnS	5.1×10^{-15}	SnI ₂	1.0×10^{-4}
Mn(OH) ₃	$\approx 1.0 \times 10^{-36}$	SnS	1.0×10^{-28}
Compuestos de mercurio		Sn(OH) ₄	1.0×10^{-57}
Hg ₂ Br ₂	1.3×10^{-22}	SnS ₂	1.0×10^{-70}
Hg ₂ CO ₃	8.9×10^{-17}	Compuestos de zinc	
Hg ₂ Cl ₂	1.1×10^{-18}	Zn ₃ (AsO ₄) ₂	1.1×10^{-27}
Hg ₂ CrO ₄	5.0×10^{-9}	ZnCO ₃	1.5×10^{-11}
Hg ₂ I ₂	4.5×10^{-29}	Zn(CN) ₂	8.0×10^{-12}
Hg ₂ O · H ₂ O*		Zn ₂ [Fe(CN) ₆]	4.1×10^{-16}
(Hg ₂ ²⁺ + 2OH ⁻) [†]	1.6×10^{-23}	Zn(OH) ₂	4.5×10^{-17}
Hg ₂ SO ₄	6.8×10^{-7}	Zn ₃ (PO ₄) ₂	9.1×10^{-33}
Hg ₂ S	5.8×10^{-44}	ZnS	1.1×10^{-21}
Hg(CN) ₂	3.0×10^{-23}		
Hg(OH) ₂	2.5×10^{-26}		