

Solubilidad 2

21 La máxima cantidad de fluoruro de magnesio que se puede disolver en 100mL de agua a 10°, es de 7,5mg. Sabiendo que la masa molar del mismo es 62g/mol, dirás que la constante del producto de solubilidad a esa temperatura es:

- a) $4 \cdot 10^{-4}$ b) $7 \cdot 10^{-9}$ c) $7 \cdot 10^{-4}$ d) $4 \cdot 10^{-9}$

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta que $MgF_2(s) \rightleftharpoons MgF_2(ac) = Mg^{2+}(ac) + 2F^{-}(ac)$, la constante producto de solubilidad será:

$$K_{ps} = [Mg^{2+}][F^{-}]^2, \text{ y teniendo en cuenta que la solubilidad en moles/L } x = [Mg^{2+}], \text{ Teniendo en cuenta su masa molar } 62g/mol. x = \frac{7,5mg}{100mL} \cdot \frac{0,001g}{mg} \cdot \frac{1000mL}{1L} \cdot \frac{1mol}{62g} = 0,0012 \frac{mol}{L}.$$

$$K_{ps} = x \cdot (2x)^2 = 4x^3, \text{ de lo que } K_{ps} = x \cdot (2x)^2 = 4x^3 = 4 \cdot 0,0012^3 = 7,08 \cdot 10^{-9} \text{ como se propone en b.}$$

22. Dada la sal de cromo poco soluble Cr_2X_3 , y su K_{ps} , dirás que la expresión de su solubilidad en moles/L será:

- a) $\sqrt[5]{\frac{K_{ps}}{108}}$ b) $\sqrt[5]{\frac{K_{ps}}{54}}$ c) $\sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{27}}$ d) $\sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{108}}$

SOLUCIÓN:

Considerando el criterio de formulación (a la izquierda el elemento positivo, o sea la especie iónica A), el equilibrio será: $Cr_2X_3(s) \rightleftharpoons Cr_2X_3(ac) = 2Cr^{3+}(ac) + 3X^{2-}(ac)$, lo cual producirá un $K_{ps} = [Cr^{3+}]^2 [X^{2-}]^3$, denominando x a

la solubilidad en mol/L, tendríamos que $K_{ps} = [2x]^2 [3x]^3 = 108x^5$, de lo que $x = \sqrt[5]{\frac{K_{ps}}{108}}$ como se propone en a.

23. La solubilidad del carbonato de hierro(II), cuyo producto de solubilidad a 25°C es $3,13 \cdot 10^{-11}$, en una disolución 0,01M de carbonato de sodio es, aproximadamente en mol/L:

- a) $3 \cdot 10^{-9}$ b) $3 \cdot 10^{-10}$ c) $3 \cdot 10^{-11}$ d) $3 \cdot 10^{-12}$

SOLUCIÓN:

$FeCO_3(ac) \Rightarrow Fe^{2+}(ac) + CO_3^{2-}(ac)$, cuyo producto de solubilidad será: $[Fe^{2+}][CO_3^{2-}] = 3,13 \cdot 10^{-11}$ pero también existe $FeCO_3(ac) \Rightarrow Fe^{2+}(ac) + CO_3^{2-}(ac)$, con lo cual se aporta concentración de carbonato. De lo que $x(x+0,01) = K_{ps}$. Resolviendo $x = 3,13 \cdot 10^{-9} mol/L$, exactamente igual que si hubiéramos despreciado x frente a 0,01. Es correcta la propuesta a.

24. El flúor recibe dicho nombre, por hacer fluir a los minerales en los que forma parte, y aumentar la solubilidad de los cationes con los que se integra en sus compuestos. Por ese motivo si conoces la constante del producto de solubilidad del fluoruro bórico a 25°C ($2,4 \cdot 10^{-5}$), dirás que la solubilidad del fluoruro bórico en una solución en la que la concentración de iones fluoruro es 0,1M, es en mol/L:

- a) $2,4 \cdot 10^{-3}$ b) $2,4 \cdot 10^{-4}$ c) $2,4 \cdot 10^{-4}$ d) $4,4 \cdot 10^{-3}$

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta que $BaF_2(s) \rightleftharpoons BaF_2(ac) = Ba^{2+}(ac) + 2F^{-}(ac)$, la constante producto de solubilidad será:

$$K_{ps} = [Ba^{2+}][F^{-}]^2, \text{ y teniendo en cuenta que } [F^{-}] = 0,1M, \text{ simplificando como en el caso anterior y sustituyendo:}$$

$$x = [Ba^{2+}] = \frac{K_{ps}}{[F^{-}]^2} = \frac{2,4 \cdot 10^{-5}}{0,1^2} = 2,4 \cdot 10^{-3} \frac{mol}{L}, \text{ como se propone en a.}$$

25. Muchos de los gases de guerra, son del tipo nervioso, con efectos paralizantes, actuando sobre la acetilcolina, amina con carga iónica positiva, responsable de la transmisión del impulso nervioso. En solución es una base fuerte iónica, proporcionando un grupo OH⁻. La máxima concentración de Fe³⁺, que puede existir en una solución 0,1M de acetilcolina, para que no precipite el hidróxido férrico correspondiente será en mol/L de:

- a) $2,8 \cdot 10^{-33}$ b) $2,8 \cdot 10^{-34}$ c) $2,8 \cdot 10^{-35}$ d) $2,8 \cdot 10^{-36}$

DATOS: Constante del producto de solubilidad de Fe(OH)₃, a 25°C = $2,8 \cdot 10^{-39}$

SOLUCIÓN:

Consideramos la acetilcolina base fuerte con un grupo hidroxilo $AcCOH(ac) \Rightarrow AcC^+(ac) + OH^-(ac)$ que proporcionan $n_{OH^-} = 0,1 mol$. Como sea agregan iones Fe³⁺ veremos las condiciones para que no se supere la constante del producto de solubilidad del hidróxido férrico

$Fe(OH)_3(ac) \Rightarrow Fe^{3+}(ac) + 3OH^-(ac)$, cuyo producto e solubilidad será:

$$[Fe^{3+}][OH^-]^3 = [Fe^{3+}] \cdot (0,1)^3 = 2,8 \cdot 10^{-39} \text{ de lo que } [Fe^{3+}] = \frac{2,8 \cdot 10^{-39}}{(0,1)^3} = 2,8 \cdot 10^{-36} \frac{mol}{L} \text{ como se propone en d.}$$

| Sustancia | K _{ps} a 20-25°C |
|--------------------------|---------------------------|
| Acetato de plata | $4,1 \cdot 10^{-3}$ |
| Bromato de plata | $5,4 \cdot 10^{-5}$ |
| Bromuro de plata | $5,4 \cdot 10^{-13}$ |
| Bromuro de plomo(II) | $6,6 \cdot 10^{-6}$ |
| Carbonato de plata | $8,5 \cdot 10^{-12}$ |
| Carbonato de bario | $1,6 \cdot 10^{-9}$ |
| Carbonato de calcio | $4,7 \cdot 10^{-9}$ |
| Carbonato de magnesio | $4,0 \cdot 10^{-5}$ |
| Cloruro de plata | $1,2 \cdot 10^{-10}$ |
| Cloruro de plomo(II) | $1,6 \cdot 10^{-5}$ |
| Cromato de plata | $1,1 \cdot 10^{-12}$ |
| Cromato de bario | $1,2 \cdot 10^{-10}$ |
| Cromato de calcio | $7,1 \cdot 10^{-4}$ |
| Fluoruro de bario | $1,0 \cdot 10^{-7}$ |
| Fluoruro de calcio | $1,7 \cdot 10^{-10}$ |
| Fluoruro de magnesio | $5,2 \cdot 10^{-11}$ |
| Hidróxido de aluminio | $3,1 \cdot 10^{-34}$ |
| Hidróxido de bario | $2,6 \cdot 10^{-4}$ |
| Hidróxido de calcio | $5,0 \cdot 10^{-6}$ |
| Hidróxido de cadmio | $7,2 \cdot 10^{-15}$ |
| Hidróxido de hierro(III) | $2,8 \cdot 10^{-39}$ |
| Hidróxido de magnesio | $5,6 \cdot 10^{-12}$ |
| Sulfato de plata | $1,2 \cdot 10^{-5}$ |
| Sulfato de bario | $1,0 \cdot 10^{-10}$ |
| Sulfato de calcio | $4,9 \cdot 10^{-5}$ |
| Sulfuro de plata | $6 \cdot 10^{-30}$ |
| Sulfuro de cobre(II) | $6 \cdot 10^{-16}$ |
| Sulfuro de hierro(II) | $6 \cdot 10^{-2}$ |
| Sulfuro de plomo(II) | $3 \cdot 10^{-7}$ |
| Yoduro de plata | $8,5 \cdot 10^{-17}$ |

26. Dadas las disoluciones con una concentración de iones:

- 1: NO₃⁻ 2: CO₃²⁻ 3. OH⁻

Con una concentración de 0,1mol/L, dirás que si se agrega un volumen igual a otra 0,1M de Cloruro de bario, se producirá un precipitado con:

- a) la 1 b) la 2 c) la 3 d) ninguno

NOTA: Consúltese la tabla de K_{ps} adjunta.

SOLUCIÓN:

El $BaCl_2(ac) \Rightarrow Ba^{2+}(ac) + 2Cl^-(ac)$ proporcionando 0,1 moles, a los dos litros de disolución (se suponen los volúmenes aditivos)

Para que se produzca un precipitado hace falta que el producto de las concentraciones iónicas sea superior al producto de solubilidad $Q > K_{ps}$, por lo

tanto En 1. $[Ba^{2+}][NO_3^-]^2 = \frac{0,1}{2} \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right)^2 = 1,25 \cdot 10^{-4}$

En 2 $[Ba^{2+}][CO_3^{2-}] = \frac{0,1}{2} \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right) = 2,5 \cdot 10^{-3} > 1,6 \cdot 10^{-9}$ Precipita

En 3 $[Ba^{2+}][OH^-]^2 = \frac{0,1}{2} \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right)^2 = 1,25 \cdot 10^{-4} >$

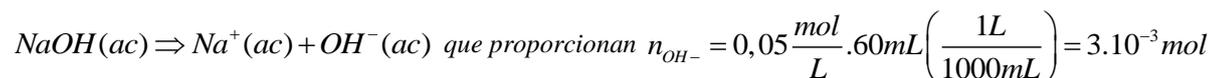
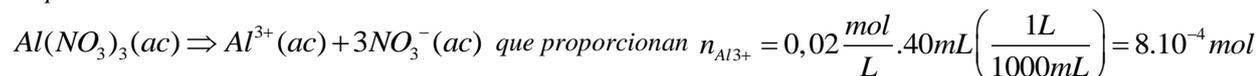
Es correcta la propuesta b.

27. Si se adicionan 40mL de solución acuosa 0,020M de nitrato de aluminio a 60ml de solución acuosa 0,050M de hidróxido de sodio, el precipitado que se forma será de:

- a) nitrato de aluminio b) nitrato sódico c) hidróxido de aluminio d) hidróxido sódico

SOLUCIÓN:

Los procesos serán:



Suponiendo los volúmenes aditivos el volumen total será de 100mL, por lo que las concentraciones de iones serán:

$$[Al^{3+}(ac)] = \frac{8 \cdot 10^{-4} mol}{0,1L} = 8 \cdot 10^{-3} \frac{mol}{L}, \text{ mientras que } [OH^-(ac)] = \frac{3 \cdot 10^{-3} mol}{0,1L} = 3 \cdot 10^{-2} \frac{mol}{L}.$$

Como existen estos iones en la disoluciones veremos si se produce o no el precipitado de hidróxido de aluminio

$Al(OH)_3(ac) \Rightarrow Al^{3+}(ac) + 3OH^-(ac)$, cuyo producto iónico será:

$[Al^{3+}][OH^-]^3 = 8 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 10^{-2})^3 = 2,16 \cdot 10^{-7} > 3,1 \cdot 10^{-34}$, al ser muy superior a la constante del producto de solubilidad precipitará hidróxido de aluminio como se propone en c.

28. Como en una disolución saturada se produce un equilibrio heterogéneo, regulado por una constante y la solubilidad de una sustancia es la concentración de la sustancia disuelta en dicha disolución, podrás modificar su solubilidad desplazando el equilibrio en el sentido deseado, empleando el principio de Le Chatelier. Los factores que la modifican son: el efecto del ion común, el salino, la formación de complejos, y como variante del ion común, la modificación del pH en determinadas circunstancias. Los fosfatos son fundamentales para las plantas, pero tienen el inconveniente de que son bastante insolubles. Menos mal que entre los abonos abundan los nitratos alcalinos que aumentan la solubilidad de los fosfatos alcalinotérreos. Ello se debe a:

- a) Efecto del ion común
 b) Efecto salino
 c) Que se modifica el pH de la savia bruta
 d) Que disminuye la concentración activa de los iones fosfato

SOLUCIÓN:

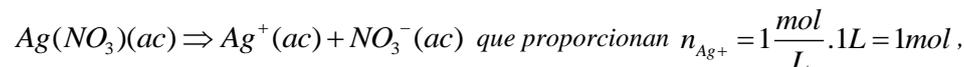
Los nitratos alcalinos proporcionan iones no comunes con los fosfatos alcalinotérreos, por lo tanto ejercen un efecto salino con lo que aumentan la solubilidad. Es correcta la propuesta b.

29. Ostwald Croll en 1608, describe lo que actualmente conocemos como cloruro de plata, con el poético nombre de luna córnea, o plata córnea. Ambos términos se relacionan con la apariencia externa de la sustancia. Evidentemente si quieres conocer la cantidad de cloruros que tiene el agua que bebes, basta echarle unas gotas de nitrato de plata para que enseguida se forme un precipitado de cloruro de plata, pues su producto de solubilidad a 25°C, es muy pequeño: $1,2 \cdot 10^{-10}$. Por este motivo si tenemos un litro de disolución 1N de nitrato de plata y le agregamos poco a poco, cloruro sódico en polvo, comenzará a precipitar la "plata córnea" cuando hayamos agregado una cantidad de sal común en gramos de:

- a) $7 \cdot 10^{-8}$ b) 58,5 c) $3,5 \cdot 10^{-4}$ d) $1,2 \cdot 10^{-9}$

MASAS ATÓMICAS: Cl, 35,5 / Na, 23

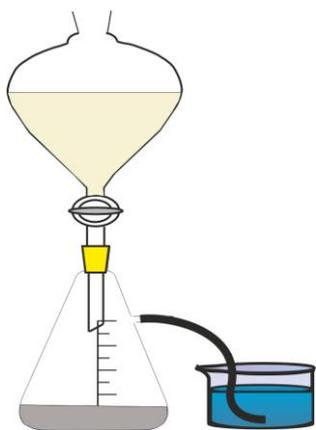
SOLUCIÓN:



Ahora bien $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = \left[1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,2 \cdot 10^{-10}$ de lo que $[\text{Cl}^-] = \frac{1,2 \cdot 10^{-10}}{(0,1)} = 1,2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$, por lo tanto dado que

$\text{NaCl}(ac) \Rightarrow \text{Na}^+(ac) + \text{Cl}^-(ac)$, harán falta esos moles de $\text{NaCl}(s)$.

$$g_{\text{NaCl}} = 1,2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 58,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 7,02 \cdot 10^{-8} \text{ g}, \text{ como se propone en a.}$$



30. En un montaje de laboratorio, disponemos en el embudo de decantación 50 cm^3 de ácido sulfúrico 2N, que goteamos sobre cloruro sódico, burbujando el gas resultante sobre un litro de agua, sin que se aprecie aumento de volumen. Si sobre esta última disolución echamos nitrato de plata a fin de precipitar el ion cloruro formado, la mínima concentración de esta sal para comenzar dicha precipitación deberá ser:

- a) $1,2 \cdot 10^{-9} \text{ M}$ b) $1,2 \cdot 10^{-10} \text{ M}$
 c) $1,2 \cdot 10^5 \text{ M}$ d) $0,6 \cdot 10^{-9} \text{ M}$

DATO: Producto de solubilidad del cloruro de plata = $1,2 \cdot 10^{-10}$

SOLUCIÓN:

La reacción química que tiene lugar es: $\text{H}_2\text{SO}_4(ac) + 2\text{NaCl}(ac) = 2\text{HCl}(g) + \text{Na}_2\text{SO}_4(ac)$

El cloruro de hidrógeno al burbujear en agua forma ácido clorhídrico que como ácido fuerte se disocia completamente formando iones Cl^- .

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \frac{\text{Eq}}{\text{L}} \cdot 50\text{mL} \left(\frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \right) \frac{1\text{mol}}{2\text{Eq}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \text{ que producirán según la estequiometría } 0,1\text{mol de Cl en } 1\text{L. Por lo tanto}$$

como $\text{Ag}(\text{NO}_3)(ac) \Rightarrow \text{Ag}^+(ac) + \text{NO}_3^-(ac)$ y $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] \cdot \left[0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right] = 1,2 \cdot 10^{-10}$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{1,2 \cdot 10^{-10}}{(0,1)} = 1,2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{L}}, \text{ como se propone en a.}$$

37. Las planchas de vapor, necesitan agua desionizada para su uso, pues si se empleara agua normal, debido a la existencia del mal llamado bicarbonato cálcico (hidrógeno carbonato de calcio), soluble en ella, que con el calor se descomponía en el carbonato (poco soluble), dióxido de carbono(gas) y agua. De esa manera al calentar, se deposita una costra de carbonato cálcico sobre las fundas metálicas de las resistencias y tuberías de agua caliente Para evitar la calcarización de los electrodomésticos lo que harías sería añadir:

- a) Agua muy caliente b) Agua con sal
c) Lejía d) Ácido clorhídrico

SOLUCIÓN:

El proceso sería $Ca(HCO_3)_2(ac) \rightleftharpoons CO_2(g) + CaCO_3(ac) + H_2O(L)$, y el equilibrio se desplaza hacia la derecha, con el calor, pues se desprende dióxido de carbono, precipitando el carbonato de calcio. Para desplazarlo hacia la izquierda, bastaría con agregarle agua. También aumentando la solubilidad por efecto salino, para lo cual se agrega sal. Si se disuelve o se neutraliza el carbonato de calcio como se propone con muchos anticalcáreos, lo que se produciría es un mayor desplazamiento del equilibrio hacia la derecha.

38. Los moles de ácido clorhídrico para conseguir disolver en un litro de agua, 1 mol de hidróxido de cinc, cuyo producto de solubilidad es 1.10^{-18} , serían:

- a) 10^{-4} b) 10^{-3} c) 10^{-2} d) 10^{-5}

SOLUCIÓN:

$Zn(OH)_2(ac) \Rightarrow Zn^{2+}(ac) + 2OH^-(ac)$, cuyo producto de solubilidad será: $[Zn^{2+}][OH^-]^2 = 1.10^{-18}$

$$[Zn^{2+}] = 1 \frac{mol}{L}; [OH^-] = \sqrt{\frac{1.10^{-18}}{1}} = 1.10^{-9} \frac{mol}{L}; \text{Como } [H^+][OH^-] = 10^{-14}; [H^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5} \frac{mol}{L}$$

Puesto que $HCl(ac) \Rightarrow H^+(ac) + Cl^-(ac)$; Los moles de HCl serán 10^{-5} , como se propone en d.

39. Si el K_{Ps} del hidróxido de aluminio es $3,1.10^{-34}$, la cantidad de sulfato de aluminio puro hidratado con 18 moléculas de agua, que podrá existir por litro de disolución sin que precipite, con un pH, 5. Será en gramos aproximadamente de:

- a) 10^{-2} b) 10^{-4} c) 10^{-3} d) 10^{-5}

DATOS: Producto iónico del agua= 10^{-14} . Masas atómicas: S,32;Al,27; H,1; O,16

SOLUCIÓN:

$Al(OH)_3(ac) \Rightarrow Al^{3+}(ac) + 3OH^-(ac)$, cuyo producto de solubilidad será: $[Al^{3+}][OH^-]^3 = 3,1.10^{-34}$

Si $pH = 5$, $[H^+] = 10^{-5} \frac{mol}{L}$. Como $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$; $[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \frac{mol}{L}$. Sustituyendo

$$[Al^{3+}] = \frac{3,1.10^{-34}}{(10^{-9})^3} = 3,1.10^{-7} \frac{mol}{L}. \text{ Como } Al_2(SO_4)_3.18H_2O(s) \Rightarrow 2Al^{3+}(ac) + 3SO_4^{2-}(ac). \text{ Los moles de sulfato de}$$

aluminio hidratado serán: $n_{Al_2(SO_4)_3.18H_2O} = 3,1.10^{-7} \frac{mol}{L} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1L = 1,55.10^{-7} mol$

La masa molar del $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ es $2.27+3(96)+18.18=657g/mol$;

$$g_{Al_2(SO_4)_3.18H_2O} = 1,55.10^{-7} \frac{mol}{L} \cdot 657 \frac{g}{mol} = 1,02.10^{-4} g, \text{ como se expone en b.}$$

40. Si lees que echando unas gotas de ácido muriático sobre lapis infernalis produces una masa blanca de luna cornea, no creas que se trata de la elaboración de una pócima del amor, o de un nuevo elixir de la juventud; sólo se refiere a la precipitación del cloruro de plata de una disolución de nitrato de plata con ácido clorhídrico, en un texto de química de últimos del siglo XVIII. El cloruro de plata es bastante insoluble y se usa para determinar los cloruros que tiene el agua. Conocido su producto de solubilidad (ver tabla), dirás que la solubilidad del cloruro de plata en una disolución tratada con ácido clorhídrico de forma que su pH sea 3 será en mol/L:

- a) $1,2 \cdot 10^{-10}$ b) $1,2 \cdot 10^{-7}$ c) $1,2 \cdot 10^{-9}$ d) $1,2 \cdot 10^{-8}$

SOLUCIÓN:

Si $pH = 3$, $[H^+] = 10^{-3} \frac{mol}{L}$. Puesto que $HCl(ac) \Rightarrow H^+(ac) + Cl^-(ac)$; $[Cl^-] = 10^{-3} \frac{mol}{L}$

Ahora bien $[Ag^+][Cl^-] = [Ag^+] \left[10^{-3} \frac{mol}{L} \right] = 1,2 \cdot 10^{-10}$, de lo que $[Ag^+] = \frac{1,2 \cdot 10^{-10}}{10^{-3}} = 1,2 \cdot 10^{-7} \frac{mol}{L}$,

Como $AgCl(s) \rightleftharpoons AgCl(ac) = Ag^+(ac) + Cl^-(ac)$, la solubilidad que es la concentración de la sal en la disolución saturada, será $[AgCl(ac)] = 1,2 \cdot 10^{-7} \frac{mol}{L}$ como se propone en b.