

SI ENCUENTRAS ALGÚN ERROR COMUNÍCALO, POR FAVOR, AL CORREO DE LA PÁGINA WEB.

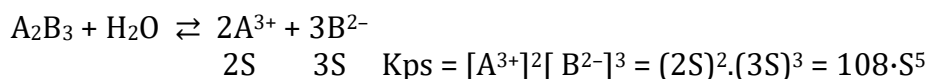
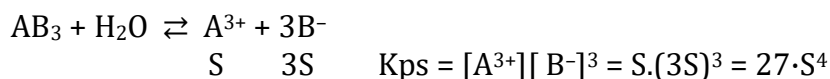
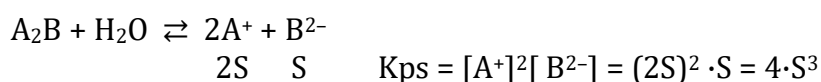
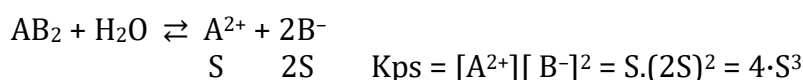


SOLUBILIDAD.

Relación **Kps** (cte. del producto de solubilidad) con **s** (solubilidad, mol/l.)

VER VÍDEO <https://youtu.be/ciqHKRsfeh4>

Depende de cada sal.



...

Ejercicios resueltos.

1. En diferentes países, la fluoración del agua de consumo humano es utilizada para prevenir la caries dental.

2

a. Si el valor del producto de solubilidad (K_{ps}) del difluoruro de calcio (CaF_2), a 25°C , es igual a $3,4 \cdot 10^{-11}$, ¿cuál es la solubilidad (en mol/L) de una disolución saturada de CaF_2 ?

b. ¿Cuántos moles de fluoruro de sodio (NaF) hay que añadir a 2 L de una disolución acuosa, la cual contiene 20 mg/L de Ca^{2+} , para que empiece a precipitar CaF_2 ?

VER VÍDEO <https://youtu.be/NJVnyKVYagk>

a. $\text{CaF}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{F}^{-}(\text{aq})$
 $K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = s \cdot (2s)^2 = 4 \cdot s^3 = 3,4 \cdot 10^{-11}$; $s = 2,04 \cdot 10^{-4}$ mol/L
 b. $5,22 \cdot 10^{-4}$ mols F^{-}

2. Las soluciones acuosas de nitrato de plata, AgNO_3 , se utilizan para detectar la presencia de iones cloruro en soluciones problema, a causa de la precipitación de cloruro de plata, AgCl , que es de color blanco.

a. Tenemos una solución problema que contiene iones cloruro ($3,0 \cdot 10^{-7}$ M). Indica razonadamente si precipitará AgCl cuando se mezclen 20 mL de la solución problema de iones cloruro con 10 mL de una solución $9,0 \cdot 10^{-4}$ M de nitrato de plata, a 298 K.

Datos: a 298 K, el valor del producto de solubilidad (K_{ps}) del cloruro de plata es $2,8 \cdot 10^{-10}$. Los volúmenes de las soluciones acuosas se pueden considerar aditivas.

b) En la botella de nitrato de plata podemos encontrar los pictogramas de seguridad siguientes:



VER VÍDEO <https://youtu.be/ijw09gN2u8g>

- a. No habrá precipitado.
 b. Corrosivo y peligroso para el medio ambiente marino.

3. Para la sal acetato de plata, AgCH_3COO :

a. Formule el equilibrio de solubilidad, detallando el estado de las especies, y calcule la solubilidad en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

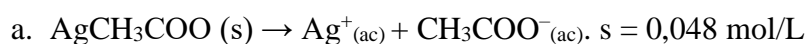
b. Razone cómo varía la solubilidad de una disolución saturada de acetato de plata en agua si se le adicionan unas gotas de disolución de sulfato de plata.

c. Calcule si precipitará acetato de plata al mezclar 100 mL de disolución de nitrato de plata 1,5 M con 50 mL de ácido acético 1,5 M. Suponga volúmenes aditivos.

Datos. $K_s(\text{AgCH}_3\text{COO}) = 2,3 \cdot 10^{-3}$; $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

VER VÍDEO <https://youtu.be/WScdwUZLKNM>

+



- b. Al añadir sulfato de plata, aumenta la concentración de Ag^+ y, según el principio de Le Chatelier, el equilibrio se desplaza a reactivos, disminuyendo la solubilidad del acetato. Es lo que se denomina efecto del ion común.
- c. $Q_{ps} = 3 \cdot 10^{-3} > K_{ps}$. Habrá precipitado.

4. El pH de una disolución saturada de Ca(OH)_2 en agua pura, a una cierta temperatura, es 9,36.

- Escriba el equilibrio de solubilidad ajustado, detallando el estado de todas las especies.
- Calcule la solubilidad molar del hidróxido de calcio y su producto de solubilidad.
- Si sobre la disolución saturada de Ca(OH)_2 en agua pura se adiciona nitrato de calcio, razone el efecto que produce sobre el equilibrio, la solubilidad y la cantidad de Ca(OH)_2 .

- a) $\text{Ca(OH)}_2 (\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{OH}^-(\text{ac})$.
- b) $\text{pH} = 9,36$; $\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 4,64$; $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 2,29 \cdot 10^{-5} \text{ M}$.
 $s = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. $K_{ps} = 6,1 \cdot 10^{-15}$
- c) Por efecto de ion común, al adicionar Ca^{2+} , según el Principio de Le Châtelier el equilibrio se desplaza hacia los reactivos, la solubilidad disminuye y se produce mayor cantidad de Ca(OH)_2 .

5. La constante K_p es 0,24 para la siguiente reacción en equilibrio a 25 °C: $2 \text{ICl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
 En un recipiente de 2 L en el que se ha hecho el vacío se introducen 2 moles de ICl. Calcule:

- La concentración de Cl_2 cuando se alcance el equilibrio.
- Los gramos de ICl que quedarán en el equilibrio.

Datos: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; Masas atómicas relativas: $\text{I} = 127$; $\text{Cl} = 35,5$.

VER VÍDEO <https://youtu.be/Y2UNsGqD dg>

- $[\text{Cl}_2] = 19,64 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.
- 318,3 g de ICl.

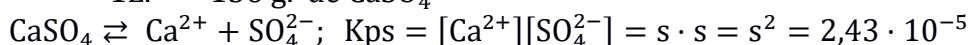
6.

- La solubilidad CaSO_4 en agua es 0,67 g/L. Determina el valor del producto de solubilidad para esta sal.
- Si se adiciona una pequeña cantidad de CaCl_2 la disolución anterior ¿aumentará la solubilidad del sulfato de calcio?
- Nombra el siguiente compuesto CaCl_2 .

VER VÍDEO <https://youtu.be/UL9fWlh2Bw>

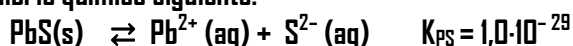
a.

$$0,67 \frac{\text{g. CaSO}_4}{1\text{L.}} \cdot \frac{1 \text{ mol de CaSO}_4}{136 \text{ g. de CaSO}_4} = 4,93 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$



- Si añadimos cloruro de calcio a la disolución anterior, aumentará la concentración del ion calcio (2+) desplazando el equilibrio, según el principio de Le Chatelier, hacia reactivos, disminuyendo la solubilidad de la sal.
- CaCl_2 es el dicloruro de calcio o cloruro de calcio.

7. El PbS presenta el equilibrio químico siguiente:



a. Indica, razonadamente, si precipitará PbS cuando se mezclan 10^{-5} moles de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ con 10^{-5} moles de Na_2S en 10,0 L de agua.

b. Sabemos que el producto de solubilidad (K_{ps}) del CuS es $4,0 \cdot 10^{-38}$, ¿cuál de los dos compuestos es más soluble en agua, el CuS o el PbS? Razona la respuesta.

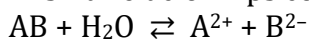
VER VÍDEO <https://youtu.be/LU2qYuk76o>

a.

$$\left. \begin{aligned} [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = [\text{Pb}^{2+}] &= \frac{1 \cdot 10^{-5}}{10} = 10^{-6} \text{ M} \\ [\text{Na}_2\text{S}] = [\text{S}^{2-}] &= \frac{1 \cdot 10^{-5}}{10} = 10^{-6} \text{ M} \end{aligned} \right\} \rightarrow Q = [\text{Pb}^{2+}]_0 \cdot [\text{S}^{2-}]_0 = 10^{-12}.$$

Como $Q > K_{ps}$, habrá precipitado.

b. Debemos comparar solubilidades, no K_{ps} . Para ambos compuestos tenemos la misma relación K_{ps} con S:



$$\begin{matrix} \text{S} & \text{S} & & & \\ & & \text{Kps} & = & [\text{A}^{2+}][\text{B}^{2-}] = \text{S} \cdot \text{S} = \text{S}^2 \end{matrix}$$

$$\text{S} = \sqrt{K_{ps}} = \begin{cases} \text{PbS} \rightarrow \text{S} = 3,16 \cdot 10^{-15} \text{ M.} \\ \text{CuS} \rightarrow \text{S} = 2 \cdot 10^{-19} \text{ M.} \end{cases} \rightarrow \text{Es más soluble el PbS.}$$

8. El BaSO_4 es un compuesto poco soluble en agua que se utiliza de forma habitual en el análisis por rayos X del tracto intestinal. Algunos estudios indican que aproximadamente un 2% de la población es alérgica al $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ que proviene del siguiente equilibrio químico:



Contesta razonadamente a las siguientes preguntas:

a. En el caso de que un paciente sea ligeramente alérgico al $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$, ¿qué haría para disminuir los efectos de la alergia cuando tiene que ingerir una suspensión de BaSO_4 : añadiría Na_2SO_4 que es un compuesto muy soluble o añadiría más BaSO_4 a la suspensión?

b. ¿Qué disolución puede provocar mayor alergia debido al $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$, una de BaCO_3 o una de BaSO_4 ?

$$K_{ps}(\text{BaCO}_3) = 3,20 \cdot 10^{-9}; K_{ps}(\text{BaSO}_4) = 1,10 \cdot 10^{-10}$$

VER VÍDEO <https://youtu.be/ry0NAIo2pgM>

a. Si añadimos sulfato de sodio, según el principio de Le Chatelier, la reacción se desplazaría hacia reactivos, disminuyendo la concentración del ion bario.

b. Ambas son sales del tipo AB, por tanto, su relación entre K_{ps} y solubilidad es la misma. Así pues, el carbonato de bario, que tiene mayor K_{ps} será más soluble en agua y provocará más alergia.

9. El producto de solubilidad del AgCl es de $1,2 \cdot 10^{-10}$ a 25 °C.

a. Determina la solubilidad del AgCl en agua a 25 °C en g/mL.

b. Indica razonadamente si precipitará AgCl cuando se mezclen 10 mL de AgNO_3 0,01 M con 10 mL de AlCl_3 0,01 M.

VER VÍDEO <https://youtu.be/YFEqMqo0YoE>

a. La relación K_{ps} con S es:

5



$$S = \sqrt{K_{ps}} = 1.1 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \frac{143,32 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 1,56 \cdot 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

b.

$$\left. \begin{aligned} [\text{Ag}(\text{NO}_3)] = [\text{Ag}^+] &= \frac{10 \cdot 0,01}{10 + 10} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M} \\ [\text{Cl}^-] = 3 \cdot [\text{AlCl}_3] &= 3 \cdot \frac{10 \cdot 0,01}{10 + 10} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ M} \end{aligned} \right\} \rightarrow Q = [\text{Ag}^+]_0 \cdot [\text{Cl}^-]_0$$

$$= 7,5 \cdot 10^{-5} > K_{ps} \rightarrow \text{Se forma precipitado.}$$

10. Se tiene una disolución acuosa saturada de yodato de bario a 25 °C. Calcula:

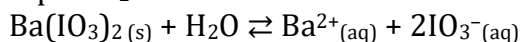
a) Concentraciones molares de los iones.

b) Solubilidad del yodato de bario en g/l.

Ks (yodato de bario) = $6,5 \cdot 10^{-10}$

VER VÍDEO <https://youtu.be/6IoJ0id1z8>

Tipo AB₂



$$S \quad 2S \quad K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2 = S \cdot (2S)^2 = 4 \cdot S^3$$

$$S = 5'46 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Mol}}{\text{L}} \cdot \frac{487'14 \text{ g. de yodato de bario.}}{1 \text{ mol de yodato de bario}} = 0'27 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$[\text{Ba}^{2+}] = 5'46 \cdot 10^{-4} \text{ Mol/L.}$$

$$[\text{IO}_3^-]^2 = 1'09 \cdot 10^{-3} \text{ Mol/L.}$$

11. El hidróxido de magnesio es poco soluble en agua ($K_s = 1,8 \cdot 10^{-11}$).

a. Formule el equilibrio de disolución del hidróxido de magnesio y escriba la expresión para Ks

b. Calcule la solubilidad en mol·L⁻¹.

c) ¿Cómo afectaría a la solubilidad la adición de ácido clorhídrico?

d) ¿Cómo afectaría a la solubilidad la adición de cloruro de magnesio?

VER VÍDEO <https://youtu.be/ItsDmJnNG9I>

a y b.

Tipo AB₂



$$S \quad 2S \quad K_{ps} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = S \cdot (2S)^2 \rightarrow K_{ps} = 4 \cdot S^3$$

$$S = 1'65 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L.}$$

c. La adición de un ácido consumiría OH⁻ provocando, según el principio de Le Chatelier, que la reacción se desplace a la derecha, aumentando la solubilidad del hidróxido.

d. La adición de cloruro de magnesio, aumentaría la concentración del Mg²⁺ desplazando el equilibrio a la izquierda, según el principio de Le Chatelier. La solubilidad del hidróxido disminuye.

6

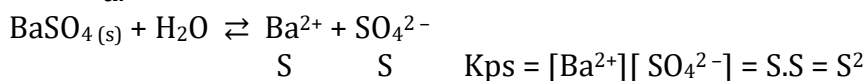
12. El producto de solubilidad del sulfato de bario es $8,7 \cdot 10^{-11}$ (en concentraciones molares). Calcula la concentración de iones bario cuando se satura con aquella sal:

- a) agua pura,
b) una disolución 1 M de sulfato de sodio.

VER VÍDEO <https://youtu.be/gwtmXo7JjSo>

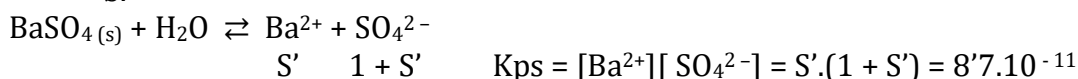
Tipo AB

a.



$$S = 9,33 \cdot 10^{-6} \text{ Mol/L.}$$

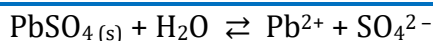
b.



$$S'^2 + S' - 8,7 \cdot 10^{-11} = 0 \rightarrow S' = 8,7 \cdot 10^{-11} \text{ Mol/L.}$$

13. Se tiene una disolución saturada de sulfato de plomo (II) en equilibrio con su sólido. ¿Cómo se verá afectada la solubilidad del precipitado si sobre dicha disolución se adiciona otra de sulfato sódico? Razona la respuesta.

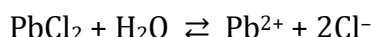
VER VÍDEO <https://youtu.be/vMLU7mRiMgA>



La adición de sulfato aumentaría la concentración del SO_4^{2-} desplazando el equilibrio a la izquierda, según el principio de Le Chatelier. La solubilidad del sulfato de plomo (II) disminuye.

14. Discute el efecto que puede causar en la solubilidad del cloruro de plomo (II) (entalpía +26 kJ) el hecho de añadirle una disolución de nitrato de plomo, o incrementar la temperatura, o añadirle ácido clorhídrico.

VER VÍDEO <https://youtu.be/s2pOJnuuJtw>

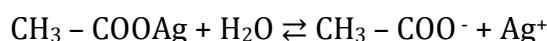


La adición de nitrato de plomo aumentaría la concentración de Pb^{2+} desplazando el equilibrio a la izquierda, según el principio de Le Chatelier. La solubilidad del cloruro de Pb (II) disminuye.

Aumentar la temperatura, según el principio de Le Chatelier, desplaza el equilibrio en el sentido endotérmico, a la derecha en este caso. Aumenta la solubilidad del cloruro de plomo (II).

Añadir ácido clorhídrico aumenta la concentración del ion Cl^- desplazándose, según el principio de Le Chatelier, el equilibrio hacia la izquierda. Disminuye la solubilidad del cloruro de plomo (II).

15. El acetato de plata es una sal poco soluble en agua. Indica que ocurre cuando se disuelve en una solución acuosa de acetato sódico.

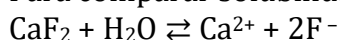


Según el principio de Le Chatelier, la presencia de acetato desplaza el equilibrio anterior hacia la izquierda. Disminuye la solubilidad de la sal.

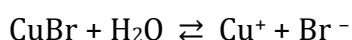
16. ¿Cuál de las siguientes sales tiene mayor solubilidad? CaF_2 o CuBr . $K_{ps}(\text{CaF}_2) = 4 \cdot 10^{-11}$ y $K_{ps}(\text{CuBr}) = 4 \cdot 2 \cdot 10^{-8}$

VER VÍDEO <https://youtu.be/CF0AFy3YUiY>

Para comparar solubilidades debemos calcular el valor de S para cada sal.



$$\begin{array}{ccc} \text{S} & 2\text{S} & K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{F}^-]^2 = \text{S} \cdot (2\text{S})^2 = 4 \cdot \text{S}^3; \text{S} = 2'14 \cdot 10^{-4} \text{ Mol/L.} \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} \text{S} & \text{S} & K_{ps} = [\text{Cu}^+] \cdot [\text{Br}^-] = \text{S} \cdot \text{S} = \text{S}^2; \text{S} = 2'05 \cdot 10^{-4} \text{ Mol/L.} \end{array}$$

Comparando las S tiene mayor solubilidad el fluoruro de calcio.

17. Una disolución contiene iones cloruro (0,01 molar) e iones bromuro (0,01 molar). Para separar ambos iones se agrega lentamente nitrato de plata sólido a la disolución, sin cambiar de forma apreciable el volumen. Observamos la precipitación fraccionada del cloruro de plata y del bromuro. ¿Qué concentración de iones plata es necesaria para precipitar el bromuro de plata sin precipitar el cloruro de plata? Datos $K_{ps}(\text{AgBr}) = 7,7 \cdot 10^{-13}$ $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,6 \cdot 10^{-10}$

VER VÍDEO <https://youtu.be/5pbABZFh9aQ>

$$K_{ps}(\text{AgBr}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Br}^-] \rightarrow 7,7 \cdot 10^{-13} = [\text{Ag}^+] \cdot 0,01 \rightarrow [\text{Ag}^+] = 7,7 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

$$K_{ps}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] \rightarrow 1,6 \cdot 10^{-10} = [\text{Ag}^+] \cdot 0,01 \rightarrow [\text{Ag}^+] = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

Para que precipite el AgBr se necesita una concentración superior a $7,7 \cdot 10^{-11} \text{ M}$ e inferior a $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ M}$. Pues a partir de esta concentración empieza a precipitar el AgCl.

18. El K_{ps} del carbonato de bario es $8 \cdot 10^{-9}$, calcula:

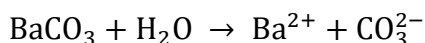
a. Su solubilidad en agua pura expresada en g/L.

b. Su solubilidad en una disolución de cloruro de bario 0,1 molar.

c. Si se mezclan volúmenes iguales de disoluciones 10^{-3} de carbonato de sodio y 10^{-4} de cloruro de bario, ¿precipitará carbonato de bario? En caso afirmativo, calcula las concentraciones de los iones en el equilibrio.

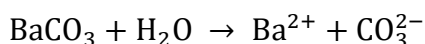
VER VÍDEO <https://youtu.be/utkCgo43z3I>

VER VÍDEO <https://youtu.be/GNa-Zr4Z8lo>



$$\begin{array}{ccc} \text{S} & \text{S} & K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = \text{S} \cdot \text{S} = \text{S}^2; \end{array}$$

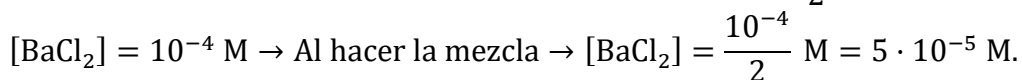
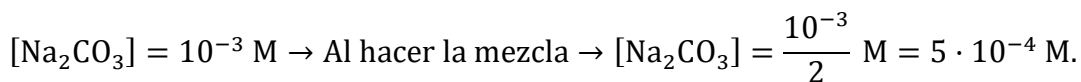
$$\text{S} = 8'94 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\text{Mol}}{\text{L}} \cdot \frac{197,34 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0,018 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$



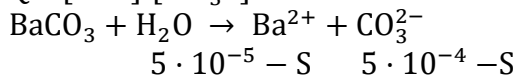
$$\begin{array}{ccc} 0,1 + \text{S} & \text{S} & K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = (0,1 + \text{S}) \cdot \text{S} = 8 \cdot 10^{-9}; \end{array}$$

$$\text{S} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

8



$$Q = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 2,5 \cdot 10^{-8} > 8 \cdot 10^{-9} = K_{ps} \rightarrow \text{Precipita.}$$



$$5 \cdot 10^{-5} - S \quad 5 \cdot 10^{-4} - S$$

$$K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = (5 \cdot 10^{-5} - S) \cdot (5 \cdot 10^{-4} - S) = 8 \cdot 10^{-9}; S = 3,29 \cdot 10^{-5} \text{ M.}$$

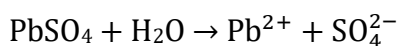
$$[\text{Ba}^{2+}] = 5 \cdot 10^{-5} - S = 1,71 \cdot 10^{-5} \text{ M.}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 5 \cdot 10^{-4} - S = 4,67 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

19. El Kps del sulfato de plomo (II) es $2 \cdot 10^{-8}$. Hallar las concentraciones de Pb^{2+} en una disolución en la que la concentración de sulfato de sodio es 0,142 g/L.

VER VÍDEO <https://youtu.be/2Jz1xpAj4qk>

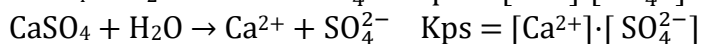
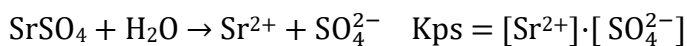
$$[\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0,142 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{142 \text{ g}} = 0,001 \text{ M.}$$



$$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Pb}^{2+}] \cdot 0,001 \rightarrow [\text{Pb}^{2+}] = 2 \cdot 10^{-5} \text{ M.}$$

20. Se tiene una disolución que es 0,001 M en Sr^{2+} y 2 M en Ca^{2+} . Se le añade lentamente sulfato de sodio sólido, que es soluble. Hallar el catión que precipitará en primer lugar y su concentración cuando empiece a precipitar el otro catión. Los Kps del sulfato de estroncio y sulfato de calcio son respectivamente $7,6 \cdot 10^{-7}$ y $2,4 \cdot 10^{-5}$.

VER VÍDEO <https://youtu.be/IgwVd34dZj4>



$$\text{El SrSO}_4 \text{ empieza a precipitar si } 7,6 \cdot 10^{-7} = 0,001 \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \rightarrow [\text{SO}_4^{2-}] = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ M.}$$

$$\text{El CaSO}_4 \text{ empieza a precipitar si } 2,4 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \rightarrow [\text{SO}_4^{2-}] = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ M.}$$

El 1º que precipita es el Ca^{2+} pues con menor concentración de sulfato precipita.

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \rightarrow 2,4 \cdot 10^{-5} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} \rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = 0,0316 \text{ M.}$$