https://pixabay.com/es/profesor-hombre-conferencia-3026707/

Equilibrio de solubilidad

ELIZABETH DE LA TORRE FLOREANO
JULIO CÉSAR BOTELLO POZOS
MARINA LUCIA MORALES GALICIA

Proyecto PAPIME-DGAPA PE201818

Analicemos un poco…

A continuación se presentan una serie de situaciones problema… evalúa que sabes sobre ello…

- ¿Por qué cuando se adiciona demasiado café a una taza con agua caliente, parte del café se deposita en el fondo de la taza?

- Si mezclas leche en polvo en agua fría o en agua caliente, ¿dónde se disolverá más rápido? ¿Por qué?

- ¿Qué perdería su sabor con mayor rapidez, una bebida gaseosa tibia o fría? Explica tu respuesta

- ¿En qué se disolverá mas rápido el azúcar:

a) en agua o

b) en una mezcla de agua con limón?.

(Pérez, J 2013)

https://pixabay.com/es/signo-de-interrogaci%C3%B3n-pregunta-1019983/

Solubilidad

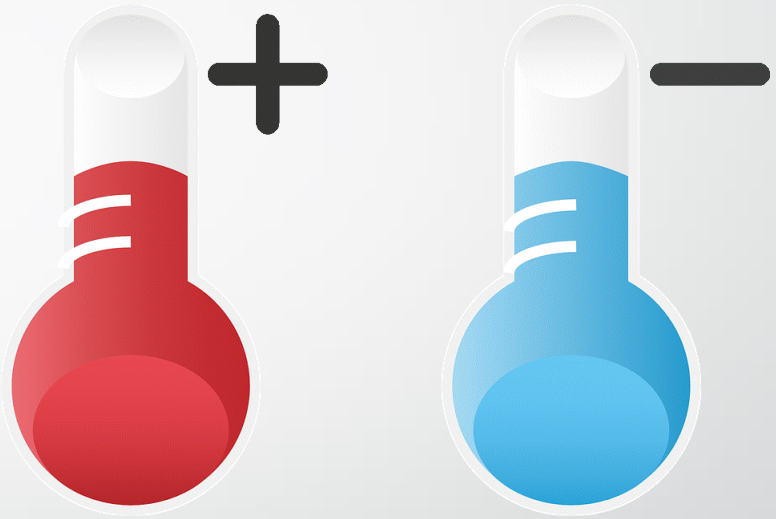
Es la máxima cantidad de soluto que se disuelve en una cantidad específica de disolvente; generalmente se representa con la letra S y está expresada en unidades de concentración, siendo las más comunes:

$$s= \frac{mol}{L} \ , \ \frac{g}{L} \ , \ \frac{g}{100\ mL}$$

(Burns, R. 1989, Dzul, M. 2012)

La solubilidad de una sustancia en un solvente puede ser afectada por determinados factores, entre los más importantes se pueden destacar:

- Temperatura
- Presión
- pH
- Superficie de contacto
- Grado de agitación
- Naturaleza del soluto y del disolvente



https://pixabay.com/es/la-temperatura-caliente-fr%C3%ADo-clima-157127/

(Burns, R. 1989, Dzul, M. 2012)

Clasificación de las sales por su solubilidad

SALES SOLUBLES

Sales cuya solubilidad es mayor a 0.02 mol /L

$s > 0.02$ mol/L

SALES LIGERAMENTE SOLUBLES

Sales cuya solubilidad es igual a 0.02 mol/L

$s = 0.02$ mol/L

SALES POCO SOLUBLES

Sales cuya solubilidad es menor a 0.02 mol/L

$s < 0.02$ mol/L

Equilibrio químico de sales poco solubles s<0.02 mol/L

Aunque es mínima la cantidad de iones que se disuelven en el seno de la disolución, podemos plantear un equilibrio de solubilidad cando se tiene una solución saturada:

$$A_nB_{m\,(s)} \leftrightarrow n\,A^{+m}{}_{(ac)} + m\,B^{-n}{}_{(ac)}$$

Donde:

$A_nB_{m\,(s)}$ es una sal

Nota:
Cuando se plantea la constante de equilibrio, para electrolitos poco solubles, solo se consideran las disoluciones en fase acuosa y en fase gaseosa.

Constante para equilibrio de solubilidad

Para el planteamiento de la constante de equilibrio, solo se consideran las especies en forma acuosa y en forma gaseosa en caso de existir, quedando la siguiente expresión:

$$A_nB_{m\,(s)} \leftrightarrow n\,A^{+m}{}_{(ac)} + m\,B^{-n}{}_{(ac)}$$

A dicha constante se le llama popularmente constante de producto de solubilidad, o constante de equilibrio de solubilidad (Ks)

$$K_s = [A^{+m}]^n\,[B^{-n}]^m$$

Nota:
Cuando se plantea la constante de equilibrio solo se consideran las especies en fase acuosa o en fase gaseosa.

Relación entre S y Ks

Partiendo del planteamiento original:

$$A_nB_{m\,(s)} \leftrightarrow n\,A^{+m}{}_{(ac)} + m\,B^{-n}{}_{(ac)}$$

moles iniciales x

solubilidad inicial nS mS

Concentración de iones en el equilibrio

Deducimos entonces que : $[A^{+m}] = nS \quad [B^{-n}] = mS$

$$K_s = [A^{+m}]^n \quad [B^{-n}]^m$$

$$K_s = [nS]^n \quad [mS]^m$$

Relación entre S y Ks

$$K_s = [nS]^n \quad [mS]^m$$

$$K_s = n^n m^m S^{m+n}$$

Por lo tanto,

$$\boxed{S = (n^n m^m Ks)^{1/(m+n)}}$$

Se puede ver que la solubilidad depende de la K_s y de los coeficientes estequiométricos

Ejemplos de la relación entre K_s y S

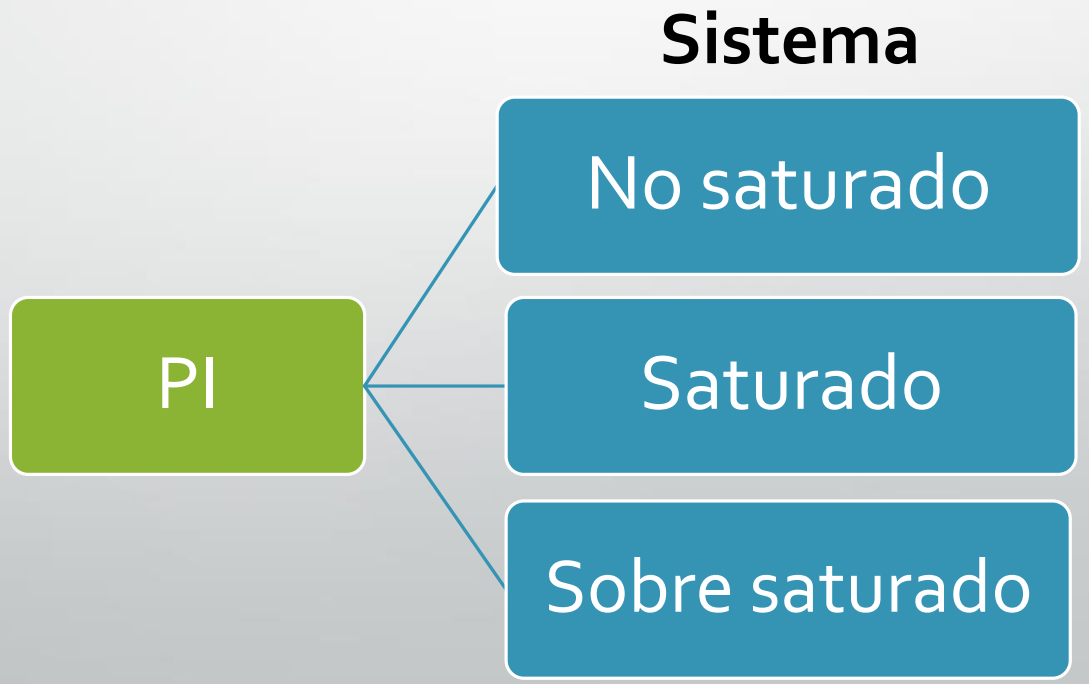
	Disociación		*Concentraciones*		*Producto de solubilidad*
	Catión	*Anión*	*Catión*	*Anión*	*Ks*
NiS	Ni^{+2}	S^{-2}	S	S	$Ks = S^2$
CaI_2	Ca^{+2}	$2I^{-1}$	S	2S	$Ks = S \cdot (2S)^2 = 4S^3$
$AlCl_3$	Al^{+3}	$3Cl^{-1}$	S	3S	$Ks = S \cdot (3S)^3 = 27S^4$
$Ca_3(PO_4)_2$	$3Ca^{+2}$	$2PO_4^{-3}$	3S	2S	$Ks = (3S)^3 \ (2S)^2 = 108S^5$

(Castaños, E. 2015)

Producto iónico (PI)

Es el producto de las concentraciones de los iones, elevadas a sus coeficientes estequiométricos.

Esto nos permite predecir como se tendrá al sistema de disolución.



Cuando…

$$[A^{+m}]^n [B^{-n}]^m < K_s$$

Significa que la sal estará totalmente disuelta, por lo tanto la disolución podría disolver más sal de la que tiene, por lo que se considera que existe una disolución no saturada.

$$[A^{+m}]^n [B^{-n}]^m = K_s$$

Se ha logrado disolver el máximo de cada ion, se tiene una disolución saturada.

$$[A^{+m}]^n [B^{-n}]^m > K_s$$

Se tiene mayor cantidad de la que es posible disolver, significa que se formará un precipitado. Se tendrá un sistema sobresaturado

Efecto de ion común

Cuando en un sistema se tiene presente o se adiciona a una de las especies producto de la solubilidad, se favorecerá la precipitación. Es una aplicación del principio de Le´Chatelier:

$$A_nB_{m\,(s)} \leftrightarrow n\,A^{+m}{}_{(ac)} + m\,B^{-n}{}_{(ac)}$$

$$n\,A^{+m}{}_{(ac)} + m\,B^{-n}{}_{(ac)} \leftrightarrow A_nB_{m\,(s)}$$

Si aumentamos la concentración de la especie A^{+m} o de B^{-n} el equilibrio se desplazará hacia la formación del precipitado $A_nB_{m\,(s)}$ no importa si vemos el equilibrio de solubilidad o de precipitación, el efecto será el mismo.

Determinemos la solubilidad del cloruro de plata ($AgCl_{(s)}$), considerando que la constante de solubilidad es $Ks=10^{-9.75}$

$$AgCl_{(s)} \leftrightarrow Ag^{+}{}_{(ac)} + Cl^{-}{}_{(ac)}$$

$$K_s = [Ag^+][Cl^-]$$

$$10^{-9.75} = S^2$$

$$S = 10^{-4.875}\ M$$

Consideremos ahora que en el sistema se tiene previamente una concentración de iones Cl^- de 10^{-2} M, ¿cuál sería la solubilidad?

$$K_s = [Ag^+][Cl^-]$$

$$K_s = [Ag^+]10^{-2.0}$$

$$10^{-9.75} = [Ag^+]10^{-2.0}$$

$$S = \ 10^{-7.75}\ M$$

Como puede verse la solubilidad disminuye significativamente al agregar iones cloruro al sistema, por lo tanto se favorece la formación del precipitado.

Ejemplo 1

Escribe el equilibrio de solubilidad y obtén la expresión de la solubilidad en función del producto de solubilidad, K_s del difluoruro de magnesio (difluoruro de magnesio).

La ecuación del equilibrio de solubilidad para el difluoruro de magnesio es:

$$MgF_{2\,(s)} \leftrightarrows Mg^{2+}{}_{(ac)} + 2\,F^{-1}$$

y el producto de solubilidad de la sal poco soluble:

$K_s = [Mg^{2+}] \cdot [F^{-1}]^2$, o bien,

$K_s = S \cdot (2\ S)^2$

Siendo s la solubilidad molar del compuesto poco soluble y la de los respectivos iones, es decir:

$[Mg^{2+}] = S$

$[F^{-1}] = 2\ S$

Despejando s de la segunda de las expresiones del producto de solubilidad se tiene:

$K_s = S \cdot (2S)^2$

$K_s = S \cdot 4S$

$$\boxed{K_s = 4\ s^2 s = \sqrt{\frac{Ks}{4}}}$$

Ejemplo 2

La constante de solubilidad, K_s, para el Ag_2CrO_4 es de $1x10^{-12}$ a 25ºC. Calcular su solubilidad.

Lo primero que debemos hacer es plantear el equilibrio de solubilidad de la sal, es decir:

$$Ag_2CrO_{4\,(s)} \Leftrightarrow 2Ag^+_{(ac)} + CrO_4^{2-}{}_{(ac)}$$

Asimismo, aplicamos la fórmula que relaciona a la constante de solubilidad con la solubilidad:

$$\boxed{K_s = (nS)^n \cdot (mS)^m}$$

De la reacción original, podemos deducir que

$$Ag_2CrO_{4\,(s)} \Leftrightarrow 2Ag^+_{(ac)} + CrO_4^{2-}{}_{(ac)}$$

n=2

m=1

Sustituyendo valores en la ecuación:

$\mathbf{K_s = (nS)^n \cdot (mS)^m}$

$K_s = (2S)^2 \cdot (S)^1 = 4S^2\ S = 4S^3$

$K_s = 4S^3$, recordando $K_s = 1x10^{-12}$

$1x10^{-12} = 4s^3$

Despejando s:

$$s = \sqrt[3]{\frac{1x10^{-12}}{4}} = 6.3\ x10^{-5}\ mol/L$$

Ejercicios propuestos

1. Una disolución saturada de fosfato de plata, contiene 3.4×10^{-5} moles por litro de ion fosfato. Calcula el producto de solubilidad de dicha sal.

Si la disolución está saturada el $Ag_3PO_{4\,(s)}$, entonces el equilibrio de solubilidad es:

$$Ag_3PO_{4\,(s)} \leftrightarrows 3\,Ag^{+1}{}_{(aq)} + PO_4{}^{-3}{}_{(aq)}$$

$R = 3.61 \times 10^{-17}$

2. Se agita sulfato de barrio ($BaSO_4$) en contacto con agua pura a 25°C durante varios días. Cada día se extrae una muestra y se analiza la concentración de bario. Después de varios días la concentración de bario es constante. La ($[Ba^{+2}]$ es 1.04×10^{-5} M).

¿Cuál es la K_s para el equilibrio de disolución de ésta sal? Dado que la concentración en el equilibrio para SO_4^{-2} es 1.04×10^{-5} M.

La ecuación de ionización para la sal ($BaSO_4$):

$$BaSO_{4\,(s)} \leftrightarrows Ba^{+2}{}_{(ac)} + SO_4^{-2}{}_{(ac)}$$

$R = 1.08 \times 10^{-10}$

Bibliografía

- Burns, R. (1989). Soluciones. En Fundamentos de Química(410). México D.F.: Pearson Educación.
- Castaños, E. (2015). El producto de Solubilidad. Marzo 2018, de Lidia con la Química Sitio web: https://lidiaconlaquimica.wordpress.com/2015/06/27/el-producto-de-solubilidad/
- Dzul, M. (2012). Solubilidad. Mayo 2017, de Blogger Sitio web: http://nutricioncuv.blogspot.mx/2012/10/solubilidad_21.html
- Quimitube. (2015). Equilibrio químico: Solubilidad y producto de solubilidad. Junio 2017, de Youtube Sitio web: https://www.youtube.com/watch?v=plw5iQt9Ug8